

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra obrábění a montáže

# **Zvýšení produktivity výroby nástrojů ze slinutých karbidů**

*Manufacturing Productivity Increasing of Sintered Carbide Tools*

Student:

**Bc. Pavel Zatloukal**

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.

Ostrava 2009

## **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....

.....

Pavel Zatloukal

## Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121 / 2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava ( dále jen VŠB – TUO ) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít ( § 35 odst. 3 ).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB - TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.
- было́ сже́днано, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- было́ сже́днано, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy ( až do jejich skutečné výše ).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111 / 1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů ( zákon o vysokých školách ), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě .....

.....

Pavel Zatloukal

Olšany 51, 789 62

## **ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE**

ZATLOUKAL, P. Zvýšení produktivity výroby nástrojů ze slinutých karbidů. Ostrava: katedra obrábění a montáže, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2009, 73 s. Diplomová práce, vedoucí: Vrba, V.

Diplomová práce se zabývá zproduktivněním výroby nástrojů pro tváření za studena. Hlavní kapitolou je broušení velmi přesných tvarů – nástrojů ze SK s cílem snížení výrobních časů, zvýšení výrobních přesností, snížení nákladů, rozšíření spektra výrobních možností firmy a zvýšení konkurenceschopnosti výroby. Snahy pro dosažení těchto cílů jsou realizovány především na dvou nových strojích, resp. bruskách KEL – VARIA 175 / 1000 a JUNG C 740 D s přispěním progresivních brusných kotoučů. Prakticky se výsledků dosahuje změnou technologických postupů výroby, resp. postupů a technologií broušení.

## **ANNOTATION OF THESIS**

ZATLOUKAL, P. Manufacturing Productivity Increasing of Sintered Carbide Tools. Ostrava: Department of Working and Assembly, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2009, 73 p. Thesis, head: Vrba, V.

Theses deals with the increase of productivity of tools used for cold moulding. Main chapter talks about of grinding exact shapes – tools from SK with the goal to decrease the production time, increase production accuracy, decrease of expenses, expansion of spectra of company production possibilities and increase of competitive advantage of production. Tendencies to reach these goals are being realized on two new grinding machines KEL – VARIA 175 / 1000 and JUNG C 740 D together with progressive grindstones. In practice the results are reached by the change of technological procedures of productivity – or more precisely procedures and technologies of grinding.

## OBSAH

<b>1. ÚVOD.....</b>	<b>8</b>
<b>2. OBECNÁ CHARAKTERISTIKA DANÉHO PROBLÉMU .....</b>	<b>9</b>
2.1 Slabá místa výroby .....	9
2.2 Požadavky na výrobu .....	9
2.3 Obráběné tvary, obráběcí stroje .....	10
<b>3. PROBLEMATIKA OBRÁBĚNÍ TĚŽKO OBRÁBĚLÝCH MATERIÁLŮ ..</b>	<b>13</b>
<b>4. VYUŽITÍ NOVÝCH PRODUKTIVNÍCH STROJŮ .....</b>	<b>15</b>
4.1 Možnosti nových obráběcích strojů .....	15
4.1.1 Vnější tvarová bruska KEL – VARIA 175 / 1000.....	15
4.1.2 Precizní bruska na plocho Jung C 740 D .....	19
4.1.3 Další možnosti zproduktivnění .....	23
4.2 Volba brousících nástrojů .....	24
4.2.1 Určení vhodného rozměru .....	24
4.2.2 Určení vhodné konfigurace brusné vrstvy BK .....	24
4.2.3 BK pro Jung C 740 D a KEL – VARIA 175 / 1000 .....	27
4.2.4 Použité značení brusných kotoučů .....	27
4.3 Určení optimálních řezných podmínek .....	30
<b>5. NÁVRH ZVÝŠENÍ PRODUKTIVITY VÝROBY .....</b>	<b>31</b>
5.1 Broušení čel.....	32
5.1.1 KROUŽEK A.....	32
5.1.2 KROUŽEK B.....	34
5.1.3 KROUŽEK B+.....	36
5.2 Broušení otvorů .....	38
5.2.1 KROUŽEK A.....	38
5.2.2 KROUŽEK B.....	39
5.3 Obvodové broušení .....	41
5.3.1 KROUŽEK A.....	41
5.3.2 KROUŽEK B.....	43
5.4 Broušení drážek .....	45
5.4.1 KROUŽEK A.....	45
5.4.2 KROUŽEK B.....	47
5.5 Vyhodnocení návrhů a zkoušek.....	50
5.6 Realizace ve výrobě .....	51

<b>6. TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ .....</b>	<b>52</b>
6.1 Zhodnocení přínosu nových investic na výsledný produkt.....	52
6.2 Ekonomické zhodnocení.....	53
6.2.1 Zproduktivnění výroby KROUŽKU A .....	54
6.2.2 Zproduktivnění výroby KROUŽKU B .....	57
6.3 Výpočet výrobní ceny všech operací broušení kroužku A .....	61
6.4 Výpočet výrobní ceny všech operací broušení kroužku B .....	64
<b>7. ZÁVĚR .....</b>	<b>68</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>70</b>
<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>73</b>

## Seznam použitého značení:

Kroužek A	-	KROUŽEK $\phi$ 125 / $\phi$ 82 x 15
Kroužek B	-	KROUŽEK $\phi$ 85,5 / $\phi$ 43,007 x 30

## 1. ÚVOD <sup>[1]</sup>

Rok 1999 byl pro firmu Pramet zlomový. Došlo ke spojení s finančně silným partnerem, který na trhu obráběcích nástrojů zaujímá jednu z předních světových příček. V Šumperku tak začíná nová etapa společnosti Pramet Tools.

Výroba slinutých karbidů, součástí ze slinutého karbidu a výroba tvářecích a řezných nástrojů osazených slinutým karbidem byla započata již v roce 1951. Hlavnímu zaměření na slinutý karbid však nijak neustoupila výroba původního sortimentu obráběcích nástrojů pro soustružení, frézování a vrtání. Výrobním sortimentem v oblasti tvářecích nástrojů jsou nástroje pro obor tažení a válcování za studena. Celý sortiment výrobků je prezentován a prodáván pod obchodní značkou Pramet. Tradice, zkušenosti, kontinuální výzkum, kvalita materiálů i výrobků uvedeného sortimentu zajišťují firmě Pramet jednu z vedoucích pozic českého trhu. Kromě tuzemského trhu se neustále zvyšuje uplatnění i na exportních trzích.

Kompletní rekonstrukce firmy, která byla zrealizována díky možnostem již zmíněného investora přinesla nové výrobní prostory i nové technologie výroby. Kromě rekonstrukce byly rozšířeny výzkumné i vývojové aktivity. Dalším historicky významným mezníkem firmy Pramet, resp. společnosti Pramet Tools s.r.o. byl rok 2000, kdy došlo díky vlastnímu výzkumu a vývoji ke kompletní inovaci výrobního sortimentu. Změna však předpokládala a předpokládá i investice do nových výrobních strojů a zařízení. V roce 2005 byl pořízen stroj pro velmi přesné tvarové broušení vnitřních kontur: Combitec CT 750 CNC, jehož optimální využití bylo předmětem mé bakalářské práce.

Součástí dalších investičních aktivit firmy Pramet Tools s.r.o. byly mj. i stroje, které jsou nyní pilíři ve výrobním strojovém parku a významnou mírou zvyšují produktivitu a rozšiřují možnosti výroby produktů, které jsou ve strategickém sortimentu. Je to brousící stroj KEL – VARIA 175 / 1000 pro precizní vnější tvarové broušení a brousící stroj JUNG C 740 D pro precizní ploché a tvarově ploché broušení.

## 2. OBECNÁ CHARAKTERISTIKA DANÉHO PROBLÉMU

### 2.1 Slabá místa výroby

Mezi široké spektrum výrobků, které Pramet denně produkuje patří i nářadí pro válcování za studena, kde typickými představiteli jsou válcovací kroužky pro válcování betonářských ocelových tyčí, resp. hladkých ocelových drátů a tyčí. Menší rozměry válcovacích kroužků pro tzv. mikrokazety se používají při válcování neželezných drátů různých profilů v elektrotechnickém průmyslu. Významné procento zaujímá i výroba válcovacích kroužků pro výrobu trubičkových svářecích elektrod s tavidlem uvnitř. Slabá místa výroby jsou tak především v opakovatelnosti kvality (dodržování tvarů a tolerancí) a tím i míry zmetkovitosti, vysoká výrobní cena a snižující se konkurenceschopnost a ziskovost výroby nástrojů.

Díky novým strojům a technologiím, které se v současné době ve firmě zavádějí jsou, resp. budou tato slabá místa eliminována.

### 2.2 Požadavky na výrobu

Cílem je na dvou nových investicích ( bruska na plocho "JUNG" a tvarová bruska "KEL – VARIA" ) zavést operace, jako např. produktivní ploché broušení čel a tvarové precizní broušení pracovních ( činných ) částí tvářecího nářadí, aby se zvýšila reprodukovatelnost výroby, snížila zmetkovitost, zvýšila přesnost a ušetřily se náklady. Splnění výše uvedených podmínek umožní prodávat levněji, popř. zvýší zisk.

Při prověřování technologií výroby tohoto nářadí u hlavní konkurence Prametu ( Barat Carbide, Wallram, Ceratizit, aj. ) byly získány dostatečné podklady pro opatření a získání konkurenceschopnosti výroby a prodeje.



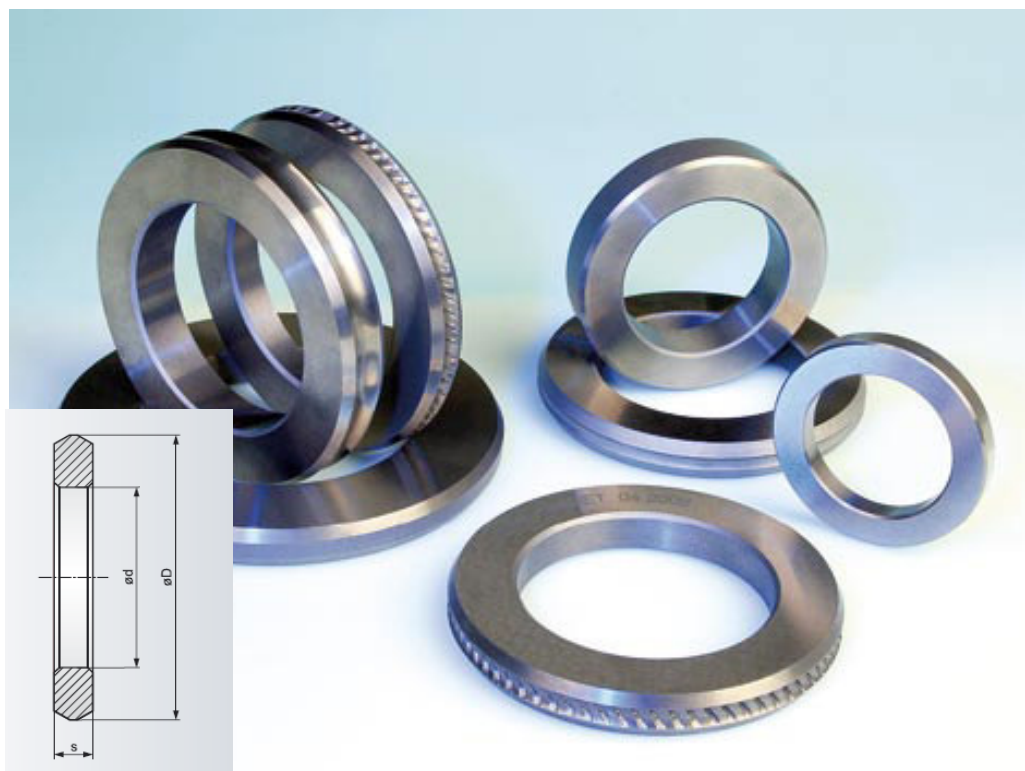
## 2.3 Obráběné tvary, obráběcí stroje

### Obráběné tvary, výrobky

Pro potřeby této práce jsem vybral typické výrobky výrobního sortimentu válcovacího nářadí za studena, na kterých budu celý proces zproduktivňování výroby demonstrovat. Proto v příloze uvádím technologické postupy ( převzato z firmy Pramet ) výroby KROUŽKU  $\phi 125 / \phi 82 \times 15$  ( dále jen kroužek A ) a KROUŽKU  $\phi 85,5 / \phi 43,007 \times 30$  ( dále jen kroužek B ) před změnou ( příloha č. 2 a příloha č. 5 ) a po změně - zproduktivnění výroby ( příloha č. 3 a příloha č. 6, resp. č. 8 ), což je zároveň i přiložený výsledek této DP. Výkresy v příloze č. 1 a příloze č. 4, resp. příloze č. 7 definují požadavky na výrobu.

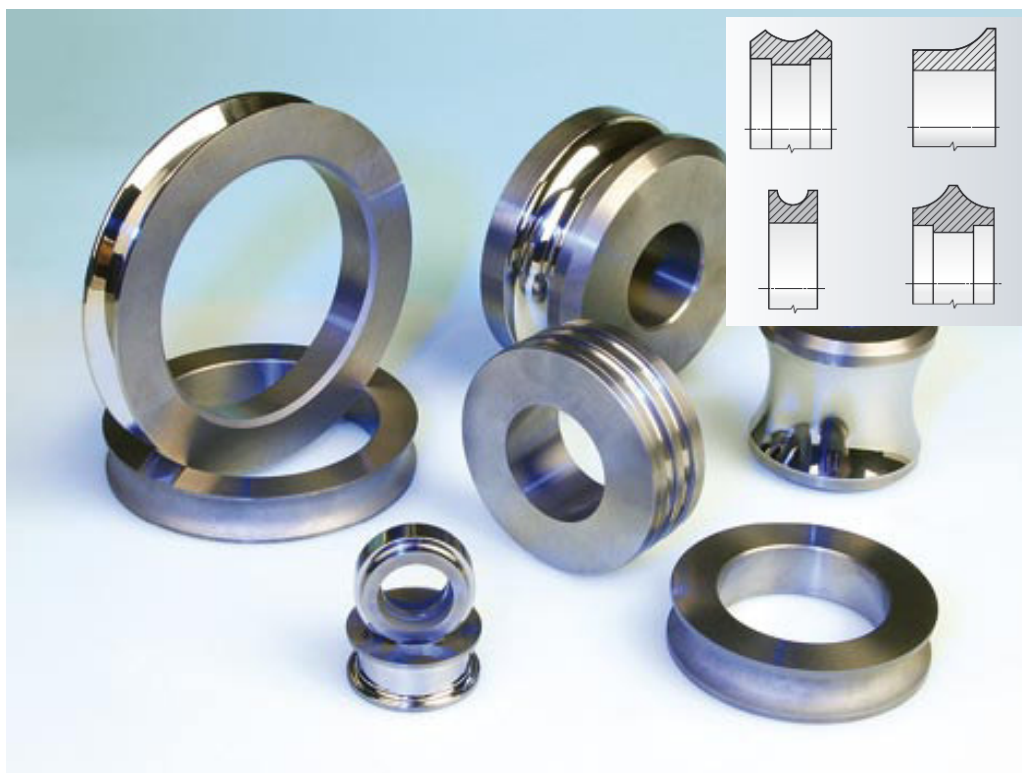


Obr.1 – Zástupci výrobního sortimentu nářadí pro válcování za studena <sup>[10]</sup>

Obr.2 – Kroužky typu A <sup>[10]</sup>

Obr.2 zachycuje výrobní sortiment jehož zástupcem je kroužek A definovaný v úvodu této práce. Nabídka výrobního sortimentu je však pouhou předlohou k různorodým zákaznickým variantám. Základní nabídkou jsou kroužky o rozměrech 125 /  $\phi$  82 x 15, resp. 20;  $\phi$  140 /  $\phi$  90 x 15, resp. 20;  $\phi$  150 /  $\phi$  90 x 15, resp. 20. Tyto se vyrábí jako polotovary ( náčrtek v levé části Obr.2 ), předbroušené, nebo přesně nabroušené na finální tvar. Různorodost je i v použitých materiálech slinutých karbidů GJ15, HF7, HF10, aj. ( více na str.14 ). Uplatnění tyto výrobky nacházejí zejména, jako nástroje pro tváření za studena, při výrobě “betonářských“ ocelových tyčí, resp. při výrobě ocelových tyčí.

Kroužek B je reprezentantem výrobního sortimentu vyobrazeného na Obr.3. Rovněž i tyto výrobky slouží jako nástroje pro tváření za studena. Hlavním produktem jsou válcovací kladky pro výrobu trubičkových svářečských elektrod. Řadu rozměrových a tvarových variant doplňuje i nabídka použitého materiálu, kterými jsou nejčastěji SK HF7, HF10, GJ11 a GJ15.



Obr.3 – Kroužky typu B <sup>[10]</sup>

### Obráběcí stroje <sup>[2]</sup>

Pro orientaci v technologických postupech uvádím používané číselné značení strojů. Specifikaci používaných nástrojů uvádím v kapitole 5, kde jsou podrobně popsány i jejich zkoušky.

- |  |       |
|--|-------|
| • bruska univerzální ( BU 28, 2 UD )           | - 401 |
| • bruska univerzální ( BU 28, 2 UD )           | - 402 |
| • bruska DIATOS BHE 501                        | - 405 |
| • bruska STUDER PS 150                         | - 482 |
| • bruska STUDER PS 250                         | - 481 |
| • bruska otvorová ( BDU 80 )                   | - 425 |
| • bruska na plocho ( BPH 20 )                  | - 461 |
| • bruska na plocho JUNG C 740 D                | - 465 |
| • vnější tvarová bruska KEL – VARIA 175 / 1000 | - 440 |

### 3. PROBLEMATIKA OBRÁBĚNÍ TĚŽKO OBRÁBĚLÝCH MATERIÁLŮ<sup>[3]</sup>

Špičkové užité vlastnosti, vysoká pevnost, optimální fyzikálně chemické a jiné vlastnosti jsou vykoupeny problémy, resp. náročností procesu obrábění těžkoobrobitelných materiálů. S rozvojem technologií obrábění – broušení, představují tyto materiály neustále se zvyšující procento obráběných materiálů. Mezi těžkoobrobitelné materiály patří mimo jiné i materiály vyráběné metodou práškové metalurgie - slinuté karbidy (SK). Právě tyto jsou předmětem této práce.

Pro ilustraci a přehled uvádím část řady SK Pramet, které jsou využívány pro výrobu tvářecího nářadí v Prametu obecně.

Druh	ISO	%	%	%	%	Struktura	Hustota	Tvrdost
SK	(DIN)	WC	Co	Ni	ostat. karbidy		g/cm <sup>3</sup>	HV30
<b>SK - struktura velmi jemná</b>								
H05	K05 - K10	94,0	6,0	-	-	velmi jemná	14,90	1775
HF7	K05 - K10	92,7	7,0	-	0,3	velmi jemná	14,79	1675
HF10	K20 - K30	89,5	10,0	-	0,5	velmi jemná	14,46	1555
HF13	K30 - K40	86,4	13,0	-	0,6	velmi jemná	14,16	1455
<b>SK - struktura jemná a střední</b>								
H10	G10/K10 - K20	93,8	6,0	-	0,2	jemná	14,96	1575
GJ6	G10/K20	94,0	6,0	-	-	střední	14,96	1405
GJ9	G15/K30	91,0	9,0	-	-	střední	14,61	1275
GJ11	G20/K40	88,8	11,2	-	-	střední	14,43	1200
GJ15	G30	85,0	15,0	-	-	střední	14,03	1095
<b>SK - struktura středně hrubá a hrubá</b>								
GH13	B40	87,0	13,0	-	-	hrubá	14,23	1100
GH20	G40	80,0	20,0	-	-	střední/hrubá	13,55	940
GH25	G50	75,0	25,0	-	-	střední/hrubá	13,10	825
<b>SK se zvýšenou chemickou odolností - struktura jemná a střední</b>								
N8	-	90,9	-	8,0	1,1	jemná	14,65	1370
MJ11	-	88,9	6,2	3,8	1,1	střední	14,40	1200

Tab.1 – Přehled SK pro válcování za studena<sup>[11]</sup>

Obrobitelnost “těžkoobrobitelných materiálů” předpokládá volbu hospodárných podmínek obrábění – tzn. volbu řezné rychlosti, hloubky řezu a optimálního posuvu nástroje. Jedině takto lze dosáhnout produktivního obrábění, které v tomto případě variantně rozdílně limituje obráběcí stroj ( jeho výkon, konstrukce a tuhost ), nástroj ( jeho řezivost a jakost ) a obrobek ( jeho tvar, upnutí, požadovaná přesnost a jakost, polotovar a materiál ).

Konfigurace řezných podmínek se odvíjí zejména od vlastností obráběného materiálu - obrobku. Míru závislosti a obtížnosti obrábění vyjadřuje obrobitelnost materiálu. Jelikož na kvalitu funkčních ploch výrobku jsou v dnešní době kladeny velmi vysoké nároky ( zejména pak na geometrickou přesnost a jakost ) je nutno věnovat volbě a optimalizaci technologických podmínek a BK mimořádně velkou pozornost. Mechanické, fyzikální a chemické účinky, které provází proces broušení mohou při nesprávné synchronizaci procesu způsobovat vnitřní napětí, popř. vznik trhlin povrchových vrstev broušených ploch. Nežádoucí vlivy je tedy nutno eliminovat vhodnou technologií broušení.

Tvrdost, odolnost proti otěru i tvarová stálost do 800 – 1000 °C jsou jedny z hlavních vlastností SK. V dnešní době se jich proto hojně využívá zejména v oblasti nástrojů. Při obrábění slinutých karbidů jsou však jejich uživatelské vlastnosti naopak předmětem “poruch” vstupujících do procesu obrábění.

Při broušení SK se často jako brusiva využívá syntetického diamantu, který má dispozice pro obrábění SK. Pro spojení brusných zrn se používají pojiva galvanická, kovová, pryskyřičná i keramická. Druh pojiva stejně jako zrnitost a koncentraci brusiva, strukturu i tvrdost nástroje ( BK ) je nutno volit variantně, dle konkrétních požadavků a parametrů broušení – viz. dále. Nevýhodou diamantových brusných kotoučů, resp. diamantu je jeho afinita k uhlíku, která se ovšem při broušení SK neprojeví.

## 4. VYUŽITÍ NOVÝCH PRODUKTIVNÍCH STROJŮ

### 4.1 Možnosti nových obráběcích strojů <sup>[2]</sup>

V roce 2007 firma Pramet obohatila svůj strojový park o stroj KEL – VARIA 175 / 1000. Investicí roku 2008 byl stroj JUNG C 740 D. Tím se výrazně otevřely nové možnosti technologií obrábění.

#### 4.1.1 Vnější tvarová bruska KEL – VARIA 175 / 1000 <sup>[4]</sup>

( KEL – VARIA 175 / 1000, UR – RS – 1 – 5 – 8 )



Obr.4 – Bruska KEL – VARIA 175 / 1000 <sup>[4]</sup>

Univerzální brousící stroj KEL – VARIA 175 / 1000 je určen pro opracování velmi přesných tvarově rotačních výrobků. Používá technologie podélného a zapichovacího broušení vnějších i vnitřních rotačních ploch a čel. Řadí se do kategorie hrotových brusek. <sup>[5]</sup>

Výhodou tohoto stroje je vybavenost programem pro konturové broušení pomocí tvarových BK, takže jej lze využívat pro velmi přesné a produktivní broušení vnějších i vnitřních tvarů ( viz. dále ).

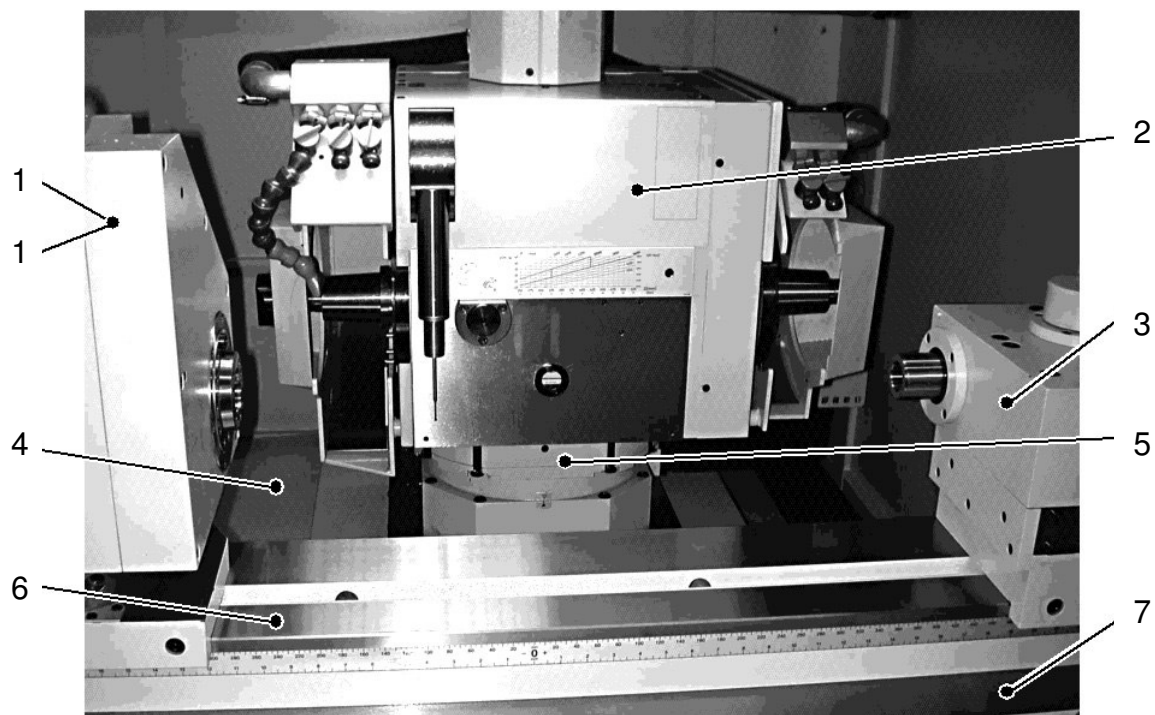
Stroj používá řídicí a kontrolní systém Heidenhain nové generace. K odměřování obrobku a nastavování pracovních pozic a poloh využívá odměřovacího systému MARPOSS.

Mimo jiné je vybaven hydrostatickým vedením ve všech lineárních osách a hydrostatickým uložením brousícího vřetena. KEL – VARIA 175 / 1000 je osazen tandemovým brousícím vřeteníkem pro vnější broušení. Kromě vnějšího konturového broušení lze tuto brusku užít i pro broušení otvorů. Vřeteník pro vnitřní průměry dovoluje broušení od průměru otvoru cca 40 mm. Broušení probíhá za podpory procesní kapaliny. <sup>[5]</sup> Pro zajištění optimálního úběru SK a čištění brousící plochy BK je využíváno procesní kapaliny Sintogind HM, navíc s možností tlaku až 10 bar.

Speciální funkcí, kterou je tento stroj vybaven je konturové pendlovací broušení ( podokno řídicího softwaru stroje ), které umožňuje střídavé broušení pravou i levou stranou BK a tento způsob broušení zabezpečuje rovnoměrné opotřebení BK se zachováním jeho geometrie. Zvyšuje se tak životnost BK.

Ve firmě Pramet je stroj využíván především k přesnému konturovému broušení, které je jeho dominantou. Významné použití je pro opakovanou velmi přesnou výrobu ve větších a velkých sériích.

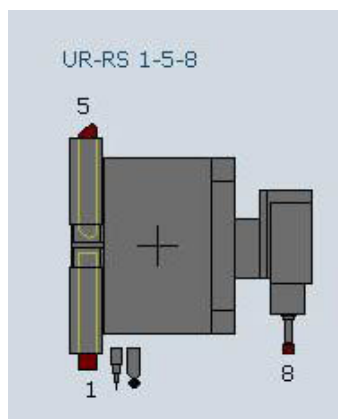




Obr.5 – Pracovní prostor stroje KEL – VARIA 175 / 1000 <sup>[4]</sup>

Popis pracovního prostoru stroje:

- 1 - pracovní vřeteník pro upnutí obrobků,
- 2 - brousící revolverová hlava, resp. brousící vřeteník,
- 3 - hlava s opěrným hrotem,
- 4 - posuvová plocha ( lože ) X – osy,
- 5 - hlavní otočná ( dělicí ) část brousícího vřeteníku,
- 6 - hlavní lože,
- 7 - spodní opěrná plocha Z – osy.



Obr.6 – Konfigurace brousícího vřeteníku <sup>[4]</sup>



**Technická data**

	<i>Jednotky</i>	<i>Hodnota</i>
<b>Rozměry obrobků</b>		
Maximální brousitelná délka obrobku	mm	1000
Maximální průměr obrobku	mm	ø 349
<b>Upínací hlava ( pro upnutí obrobků )</b>		
Natáčení vřetene		- 10° ... +100°
Otáčky vřetene ( plynule proměnné )	min <sup>-1</sup>	1 - 800
Max. hmotnost obrobku	kg	150
<b>Pracovní hlava ( pro upnutí BK )</b>		
Otáčky vřetene ( plynule proměnné )	min <sup>-1</sup>	1000 – 2150
<b>Podélný pohyb ( Z – osa )</b>		
Max. rychlost posuvu	m / min	15
Max. rozlišení	μm	0,1
<b>Příčný pohyb ( X – osa )</b>		
Max. rychlost posuvu	m / min	7,5
Max. rozlišení	μm	0,1
<b>Otočný pohyb ( B – osa )</b>		
Max. rozlišení	sec.	0,1
<b>Brusné parametry</b>		
Max. řezná rychlost ( dána dle průměru BK )	m / s	35 - 45

Tab.2 – Hlavní technická data brusky KEL –VARIA <sup>[4]</sup>

#### 4.1.2 Precizní bruska na plocho Jung C 740 D <sup>[6]</sup>

Jung C 740 D je velmi přesnou bruskou z kategorie brusek “na plocho”. Její základ tvoří vnitřní vřeteno a velký stůl, který umožňuje produktivní přesné hluboké zapichovací broušení. Pomocí konturového broušení s tvarovými BK umožňuje i tvarové broušení výrobků.



Obr.7 – Bruska Jung C 740 D <sup>[6]</sup>

Je to obráběcí stroj pro broušení rovinných ploch a profilů, který je pevně ukotven k místu své instalace - stabilní brousící stroj. Je určen k opracovávání obrobků nuceně řízeným broušením, neboť jak obrobek, tak i BK jsou vedeny po pevných drahách. Broušení probíhá za podpory procesní kapaliny. Obrobky se na stroji upínají pomocí magnetické upínací desky a vhodných přípravků.

Nespornou výhodou stroje JUNC C 740 D je možnost broušení několika obrobků najednou. Při broušení kroužků A, resp. B lze současně brousit 4 – 8 ks - výrobní dávku. To je umožněno velmi tuhým rámem, který dovoluje po celé pracovní délce upínacího stolu ( desky ) broušení s tolerancí 0,01 mm.

Orovnávání BK se provádí pomocí pevně ustavených orovnávacích nástrojů, popř. orovnávacích hlav.

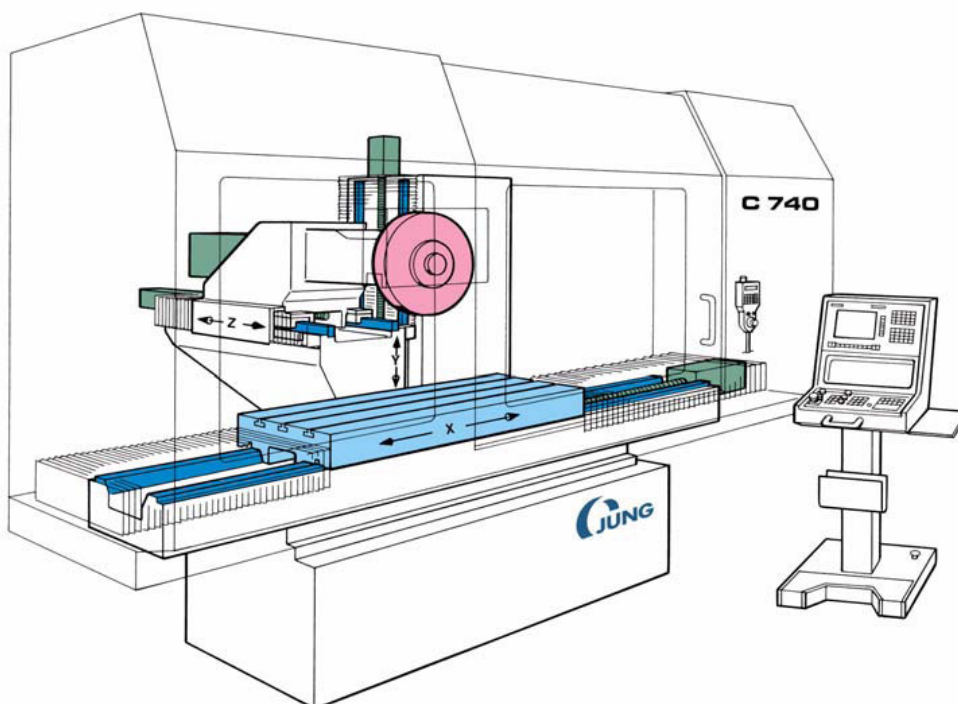
### Technická data

	Jednotky	Hodnota
<b>Stůl</b>		
Upínací plocha stolu	mm	800 x 430
Brousitelná plocha obrobku včetně šířky kotouče 50 mm	mm	880 x 510
Přípustné zatížení včetně magnetické desky	kg	800
Přípustné zatížení včetně magnetické desky	kg	800
Výška nad podlahou	mm	915
<b>Hlavní pohon vřetena</b>		
Rozsah počtu otáček	min <sup>-1</sup>	1500 - 3500
Řezná rychlost	m / s	35
<b>Brusný kotouč</b>		
Průměr	mm	210 / 400
Šířka	mm	max. 100
Otvor kotouče	mm	127
<b>Osa X ( Podélný pohyb stolu )</b>		
Rychlost pojíždění při oscilačním broušení, plynule nastavitelná	mm / min	1000 - 40000
Rychlost pojíždění při broušení plíživým chodem s AC servomotorem	mm / min	0,1 - 1000
Dráha pojezdu mezi koncovými spínači	mm	1000
Využitelný zdvih oscilace	mm	880

<b>Osa Y ( Svislý pohyb )</b>		
Rychlost pojíždění	mm / min	0,1 - 5000
Dráha pojíždění mezi koncovými spínači	mm	585
Měřicí systém rozlišení	mm	0,0002
<b>Osa Z ( Vodorovný pohyb )</b>		
Rychlost pojíždění	mm / min	0,1 - 5000
Dráha pojezdu mezi koncovými spínači	mm	460
Měřicí systém rozlišení	mm	0,0002
<b>Další důležitá data</b>		
Hmotnost stroje s plným krytem	kg	cca 6000

Tab.3 – Hlavní technická data brusky Jung C 740 D <sup>[6]</sup>

### Pracovní prostor stroje

Obr.8 - Jung C 740 D <sup>[6]</sup>

**Značení os stroje**

osa X	- podélný pohyb brousícího stolu,
osa Y	- svislý pohyb brousící hlavy,
osa Z	- příčný pohyb brousícího stolu,
osa A1	- osa otáčení dělicího aparátu.

V ose Y a Z bude pojíždět nástroj ( BK ), v ose X bude pojíždět obrobek.

**Značení os orovnávací hlavy**

osa V	- osa orovnávací pinoly,
osa W	- příčný pohyb orovnávací hlavy.

**Provoz stroje**Částečně automatický provoz

Při částečně automatickém provozu je nutno každý jednotlivý pohyb osy, nebo další ovládací funkce spustit ručně.

Automatický provoz

Při automatickém provozu lze vytvářet a spouštět všechny automatické programy a průběhy těchto programů, jako např.:

- *programy orovnávání,*
- *Grips ( programování obrysů ),*
- *automatické programy,*
- *programy měření.*

#### 4.1.3 Další možnosti zproduktivnění

Plánovanou investicí pro rok 2009 - 2010 je precizní dvoukotoučová bruska Stähli DLM 705.



*Obr.9 - Bruska Stähli DLM 705<sup>[7]</sup>*

Nesporná výhoda tohoto stroje je ve velmi produktivním, přesném a rychlém oboustranném broušení rovinných ploch. To je zajištěno dvěma BK ( diamantové BK ) umístěnými nad sebou ( horní a dolní BK ). Mezi BK ( hlavami ) je umístěno několik obráběných součástí a to tak, že jsou unášeny pomocí speciálních klecí. Zproduktivnění je tak kromě oboustranného broušení docíleno i broušením více obrobků současně.

## 4.2 Volba brousících nástrojů

Jelikož veškeré změny výroby, které jsou předmětem této práce a které mají za cíl výrobu zproduktivnit jsou realizovány změnami operací broušení, volba obráběcích nástrojů je volbou BK. Ty jsou tvořeny brusnými zrny, která jsou spojena prostřednictvím pojiva v tuhé těleso požadovaného tvaru. Kromě vhodných rozměrů BK je třeba volit i správné kvalitativní vlastnosti BK, jako je druh brusiva, druh pojiva, zrnitost brusiva, koncentrace brusiva, struktura nástroje a tvrdost nástroje. <sup>[8]</sup>

Při volbě BK bylo mj. využito bohatých zkušeností s tvarovým broušením na stroji Combitec CT 750 CNC.

### 4.2.1 Určení vhodného rozměru <sup>[9]</sup>

#### Průměr BK

Volba velikosti průměru BK má vliv na termické a kinematické parametry broušení. Je tedy vhodné volit co největší průměr, jelikož brusné zrno je díky delší ochlazovací dráze méně namáhané a zvyšuje tak životnost kotouče. Je však nutno brát zřetel na konstrukci brusky a na dosažení potřebných pracovních rychlostí.

#### Šířka a tloušťka brousící vrstvy

Šířka brousící vrstvy by měla být takových rozměrů, aby byla využívána celá. Její rozměr tedy záleží i na stylu broušení. Tloušťka se určí dle vytížení BK, resp. objemu obrábění a taky dle nabídky výrobce.

### 4.2.2 Určení vhodné konfigurace brusné vrstvy BK <sup>[8]</sup>

#### Brusivo

Tvrdost brusné vrstvy ( brusiva ) musí být vyšší než tvrdost obráběného materiálu.

Standardně používaná brusiva: Karbid křemíku - SiC ( Karborund )  
Oxid hlinitý - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ( Korund )  
Nitrid boru - CBN  
Diamant

### Pojivo

Funkcí pojiva je spojit jednotlivá brusná zrna a vytvořit tak BK. Jeho vlastnosti jsou však volbou pojiva významně ovlivněny. Zejména jeho tvrdost, tvarová stálost, životnost a samoostřicí vlastnosti. Druh pojiva musí odpovídat technologickým podmínkám obrábění - broušení.

Standardně používaná pojiva:

- pryskyřičné ( značeno písmenem R, nebo B ): používá se pro vysoce produktivní broušení s chlazením i za sucha. Je často používané a to zejména pro svůj samoostřicí efekt a nízký vývin tepla,
- keramické ( V ): je vhodné pro diamantové BK, nebo spojení brusných tělísek z CBN,
- galvanické ( G ): využívané zejména pro spojení DIA a CBN brusných tělísek,
- kovové ( M ): pro broušení skla, popř. pro elektroerosivní broušení.

### Zrnitost brusiva

Vyjadřuje průměrný rozměr průměrného zrna (v  $\mu\text{m}$ ).

### Koncentrace brusiva

Koncentrace brusiva vyjadřuje jeho váhový podíl v 1 cm<sup>3</sup> brousící vrstvy ( vyjádřeno v ct / cm<sup>3</sup> - 1 karat ( ct ) = 0,2 g ). Koncentrace 100 byla stanovena jako základ, kde 1 cm<sup>3</sup> brousící vrstvy obsahuje 0,88 g brusiva ( 4,4 ct ). Při koncentraci 100 tedy brusivo zaujímá 25 % objemu brousící vrstvy.



Hodnota koncentrace brusiva má na broušení značný vliv. Vysoké hodnoty zvyšují tvarovou stálost, tedy i životnost BK, snižují drsnost povrchu a zhoršují samoostřicí vlastnosti. Naopak nízké koncentrace zaručují dobré samoostřicí vlastnosti, snižují vývin tepla, zvyšují drsnost povrchu a mají menší tvarovou stálost. <sup>[9]</sup>

### **Struktura nástroje – brusné vrstvy**

Hodnotí se dle pórovitosti, jako: velmi hutná ( značeno č. 1, 2),  
hutná (3, 4),  
polohutná (5, 6),  
pórovitá (9, 10),  
zvlášť pórovitá (11, 12, 13).

### **Tvrdost nástroje - tvrdost vazby**

Hodnotí se jako velikost odporu, které klade pojivo proti vylomení brusných zrn.

Tvrdosti vazby: velmi měkká ( značeno G, H ),  
měkká ( I, J, K ),  
střední ( L, M, N, O ),  
tvrdá ( P, Q, R, S ),  
velmi tvrdá ( T, U ),  
zvlášť tvrdá ( V, Z ).

#### 4.2.3 BK pro Jung C 740 D a KEL – VARIA 175 / 1000

Konkrétní rozměry BK a specifikace brusných vrstev jsou uvedeny v kapitole 5, přímo u jednotlivých zkoušek BK. Jejich volba byla provedena dle doporučení výrobce, dle zkušeností fa Pramet s konturovým broušením a broušením na plocho a dle výše uvedených návodů výběru BK.

#### 4.2.4 Použité značení brusných kotoučů

##### Konfigurace brusné vrstvy BK Meister Abrasives <sup>[8]</sup>

obecně: D aa – bbbb – c – dd – eee – fff – Vgg – hhh

D aa - je označení pro diazrno, resp. označení pro druh a tvar diamantového zrna, ( D 32 – označení pro zrna použ. pro tvarové broušení )

bbbb - velikost zrna v US - mesh,

c - tvrdost vazby,

dd - struktura vazby,

eee - interní kód Meister Abrasives,

fff - koncentrace diazrna,

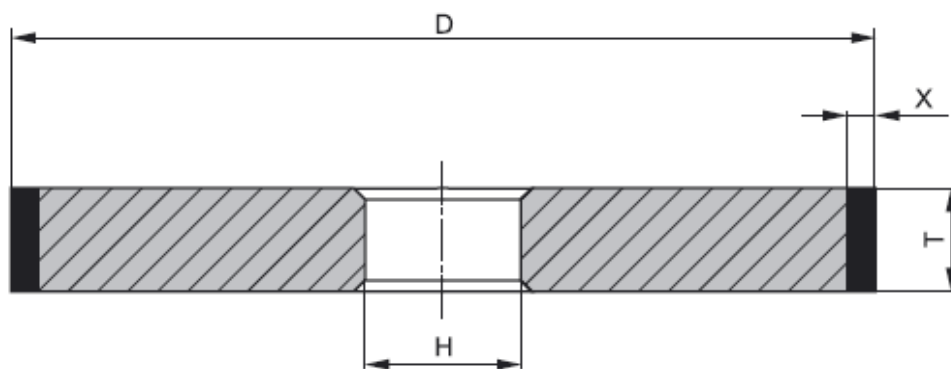
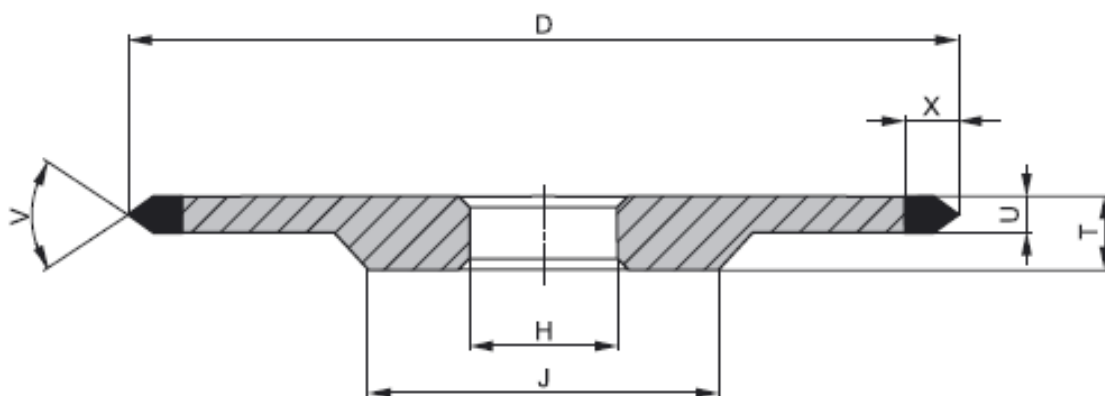
gg - číslo vazby,

hhh - interní kód Meister Abrasives.

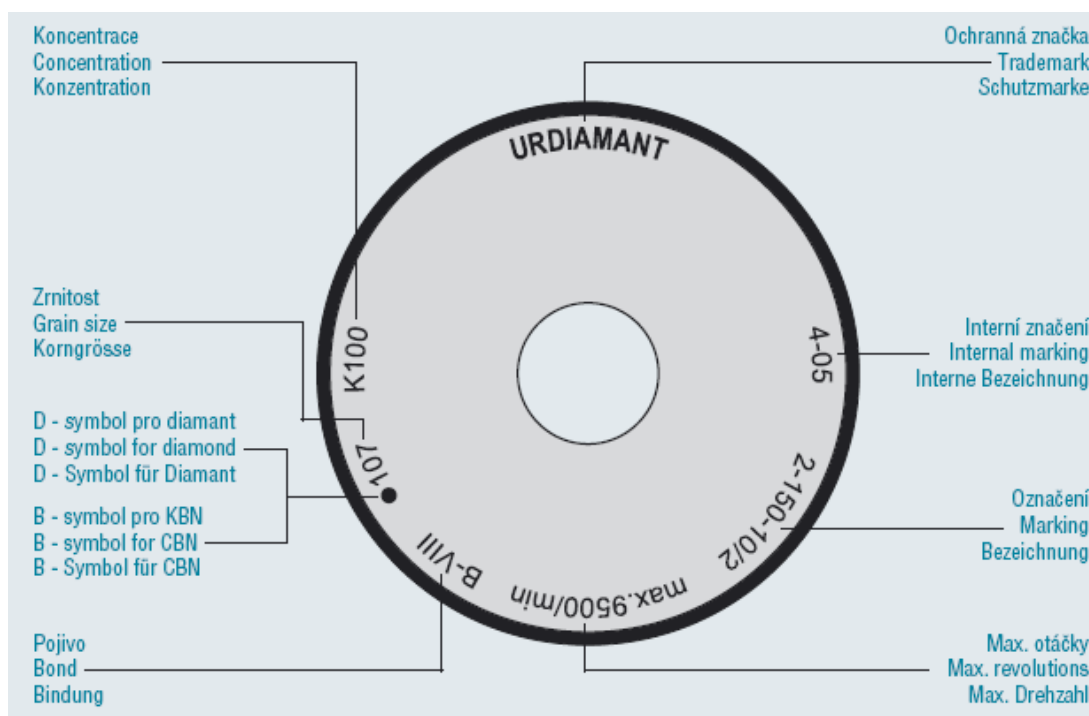
Pozn.: fa M.A. používá značení v US - mesh =>

D32 – 230 odpovídá zrnitosti ( v  $\mu\text{m}$  ) - D 64

D32 – 120 odpovídá zrnitosti ( v  $\mu\text{m}$  ) - D 126

Rozměrové značení BK firmy Urdiamant<sup>[9]</sup>Obr.10 – BK typ 2 –  $D - T / X$ <sup>[9]</sup>Obr.11 – BK typ 13 –  $D - V - X$ <sup>[9]</sup>

## Značení BK firmy Urdiamant <sup>[8]</sup>



Obr. 12 – Značení BK firmy Urdiamant <sup>[9]</sup>

Pozn.

Označení B - I až B - XVII je označení pro pryskyřičná pojiva, písmeno M značí pojiva kovová.

## Konfigurace brusné vrstvy BK Diamantmetall <sup>[8]</sup>

Brusná vrstva: D91 – KB65 – C75

D91	– zrnitost brusiva,
KB65	– specifikace výrobce BK ( mj. obsahuje informace o pryskyřičném pojivu ),
C75	– koncentrace brusiva.

### **4.3 Určení optimálních řezných podmínek**

Stanovení optimálních podmínek obrábění probíhalo individuálně a je tak ( částečně ) zaznamenáno u jednotlivých zkoušek.

Předpokladem pro dosažení maximálních výrobních přesností a jakostí bylo správné a tuhé upnutí nástrojů a obrobků.

Významným faktorem, který ovlivnil konfiguraci optimálních pracovních podmínek byl faktor procesní kapaliny. Při obrábění za použití procesní kapaliny ( u strojů JUNG C 740 D a KEL – VARIA 175 / 1000 ) bylo mj. dosaženo vyšší jakosti obrobené plochy a obrábění se tak stalo produktivnějším.

Další faktory ovlivňují stanovení podmínek obrábění:

- tvár a specifikace BK,
- tvár a materiál broušených ploch,
- použitý obráběcí stroj a způsob broušení.

## 5. NÁVRH ZVÝŠENÍ PRODUKTIVITY VÝROBY <sup>[2]</sup>

Díky bohatšímu strojovému parku, kterým fa Pramet nyní disponuje ( pořízení nových strojů – kapitola 4 ) se otvírají nové možnosti postupů tvorby výsledných produktů. Je tedy možno změnit postupy výroby, popř. je úplně nahradit produktivnějšími. Návrhy pro zvyšování produktivity výroby budou zaměřeny na dva hlavní typické představitele “kroužky” ( popsány výše ).

Na základě získaných zkušeností Pramet v oblasti broušení a technologií obrábění je dnes zřejmé, že nejvýhodnější bude v první operaci broušení čel. Po nabroušení čel s pečlivým vyrovnáním obrobku broušení otvorů a posléze obvodů. Poslední operací bude hrubování a dokončování tvarových drážek. Variantně se však může tento postup lišit.

Reálné možnosti strojového parku pro broušení čel:

bruska DIATOS BHE 501,  
bruska na plocho ( BPH 20 ),  
**bruska JUNG C 740 D**,  
( **bruska Stähli DLM 705** – plánovaná investice ),

Reálné možnosti strojového parku pro broušení otvorů:

bruska DIATOS BHE 501,  
**bruska KEL – VARIA 175 / 1000**,  
bruska otvorová ( BDU 80 ),

Reálné možnosti strojového parku pro obvodové broušení:

bruska univerzální ( BU 28, 2 UD ),  
**bruska KEL – VARIA 175 / 1000**,

Reálné možnosti strojového parku pro broušení drážek:

bruska univerzální ( BU 28, 2 UD ),  
bruska STUDER PS 150, resp. PS 250,  
**bruska KEL – VARIA 175 / 1000**.

**Návrh jednotlivých variant realizace obrábění a jejich zkoušky:****5.1 Broušení čel****5.1.1 KROUŽEK A****Broušení čel na hotovo - operace č. 0050*****Varianta č. 1 ( výchozí )***

Stroj: bruska DIATOS BHE 501,  
Nástroj: BK firmy Urdiamant ( průměr 400 mm / šířka 40 mm ),  
specifikace BK: B – VI – D126 – K100,

Parametry obrábění: obvod.rychlost BK:  $v = 25 - 30 \text{ m.s}^{-1}$ ,

Požadovaná přesnost: rozměrová tolerance 0,03 mm,

Přípravný čas: 7,5 min / kalkulační dávku ( 3 )  
=> 2,5 min / 1 ks,

Strojní čas: 19 min / 1 ks.

Pozn. operace broušení čel na hotovo je prováděna  
současně s broušením otvoru.

**Závěr zkoušky:**

Díky možnostem strojového parku firmy Pramet je broušení na stroji DIATOS BHE 501 příliš časově i finančně náročné.

***Varianta č. 2 – předmětem zkoušení***

Realizace zkoušky:

Stroj: bruska JUNG C 740 D,

Nástroj – var. 2.1 : BK firmy Urdiamant ( 2 – 400 – 30 / 5 ), specifikace BK:  
B – VII – D126 – K100,

Nástroj – var. 2.2 : BK firmy Urdiamant ( 2 – 400 – 25 / 5 ), specifikace BK:  
B – XV – D64 – K100,

Nástroj – var. 2.3 : BK firmy Meister Abrasives,

Nástroj – var. 2.4 : BK firmy Winter ( SAINT-GOBAIN Diamantwerkzeuge GmbH & Co. KG ),

Parametry obrábění: obvod. rychlost BK:  $v = 25 - 30 \text{ m.s}^{-1}$ ,

Požadovaná přesnost: rozměrová tolerance 0,03 mm,

#### Popis zkoušky:

Volba BK byla realizována dle zkušeností fa Pramet s broušením “na plocho” a dle doporučení výrobce stroje Jung. Použití vhodné specifikace BK je nutno řešit variantně dle požadované přesnosti jednotlivých zakázek, proto variantu 3 a 4 uvádím pouze jako vhodnou dodavatelskou alternativu.

Při broušení BK var.: 2.2 bylo díky D64 dosahováno lepší kvality povrchu ( nižší drsnosti ), BK má však nižší schopnost úběru a broušení se tak stává časově i finančně náročnější. U BK zrnitosti D126 jsou nevýhodou vyšší nároky na orovnávaní. Při broušení kroužků typu A se jeví jako výhodnější BK var.2.1.

Přípravný čas: 10 min / kalkulační dávku ( 6 )

=> 1,7 min / 1 ks,

Strojní čas: 15 min / 1 ks.

#### Závěr zkoušky:

V požadovaných výrobních tolerancích lze broušení čel kroužků typu A provádět stejně jak na stroji DIATOS, na stroji JUNG. Broušení na stroji JUNG však přináší snížení výrobních časů i nákladů. Vzhledem k nutnému využití stroje JUNG při broušení kroužků B, resp. B+ ( viz. dále ) je nutné volit umístění výroby kroužků typu A dle vytížení obou strojů.



**Varianta č. 3 – plánovaná investice**

Stroj: Bruska Stähli DLM 705,

Přípravný čas: 1 min / 1 ks  
( čas dosažený při prvotních externích zkouškách )

Strojní čas: 2 min / 1 ks  
( čas dosažený při prvotních externích zkouškách )

**5.1.2 KROUŽEK B****Úhlovat čela na hotovo na horní mez tolerance - operace č. 0090****Varianta č. 1 ( výchozí )**

Stroj: bruska na plocho ( BPH 20 ),

Nástroj: BK firmy Urdiamant ( 2 – 200 – 15 / 5 ), specifikace BK:  
B – VI – D126 – K100 ( variantně K 75 – K100 ),

Parametry obrábění: obvod. rychlost BK:  $v = 25 - 30 \text{ m.s}^{-1}$ ,

Požadovaná přesnost: tolerance kolmosti, resp. rovnoběžnosti ploch 0,01mm,  
rozměrová tolerance 0,2 mm,

Přípravný čas: 10 min / kalkulační dávku ( 2 )  
=> 5 min / 1 ks,

Strojní čas: 30 min / 1 ks.

**Závěr zkoušky:**

Problematické dosažení předepsané kolmosti ploch. Nelze brousit se zaručenou reprodukovatelností jakosti čel. Nevyhovujících výsledků je dosahováno přibližně u 20% výrobků. Realizace na tomto stroji přináší značné ztráty z důvodu zmetkovitosti výrobky a přílišné časové náročnosti broušení. Z toho důvodu, resp. z důvodu nutnosti neustálého měření a kontrol není možné dosáhnout normovaného času 12 min.

**Varianta č. 2 – předmětem zkoušení**

Realizace zkoušky:

Stroj: bruska JUNG C 740 D,

Nástroj – var. 2.1 : BK firmy Urdiamant ( 2 – 400 – 30 / 5 ), specifikace BK:  
B – VII – D126 – K100,

Nástroj – var. 2.2 : BK firmy Urdiamant ( 2 – 400 – 25 / 5 ), specifikace BK:  
B – XV – D64 – K100,

Nástroj – var. 2.3 : BK firmy Meister Abrasives,

Nástroj – var. 2.4 : BK firmy Winter ( SAINT-GOBAIN Diamantwerkzeuge GmbH & Co. KG ),

Parametry obrábění: obvod. rychlost BK:  $v = 25 - 30 \text{ m.s}^{-1}$ ,

Požadovaná přesnost: tolerance kolmosti, resp. rovnoběžnosti ploch 0,01 mm,  
rozměrová tolerance 0,2 mm,

Popis zkoušky:

Při broušení kroužků typu B se jeví jako výhodnější BK var.2.2.  
Více - viz. broušení čel kroužků typu A

Přípravný čas: 10 min / kalkulační dávku ( 8 )

=> 1,3 min / 1 ks,

Strojní čas: 12 min / 1 ks.

Závěr zkoušky:

Pro broušení čel s tolerancí 0,2 mm, resp. 0,01 mm bude používána bruska JUNG C 740 D.

**Varianta č. 3 – plánovaná investice**

Stroj: Bruska Stähli DLM 705,

Přípravný čas: 1 min / 1 ks  
( čas dosažený při prvotních externích zkouškách )  
Strojní čas: 1 min / 1 ks  
( čas dosažený při prvotních externích zkouškách )

**5.1.3 KROUŽEK B+**

B+ značí přesnější alternativu kroužků typu B. Přesnějšími výrobky jsou myšleny výrobky, kde se rozměrové a geometrické tolerance ( rovnoběžnost, popř. kolmost ) ploch blíží a přesahují 0,01 mm.

*Pozn.: kroužek typu B+ ( pracovní označení pro potřeby DP ) je zobrazen v příloze č. 7, resp. 8.*

**Brousit čela na hotovo na horní mez tolerance - operace č. 0050****Varianta č. 1 – předmětem zkoušení**

Realizace zkoušky:

Stroj: bruska JUNG C 740 D,

Nástroj – var. 2.1 : BK firmy Urdiamant ( 2 – 400 – 30 / 5 ), specifikace BK:  
B – VII – D126 – K100,

Nástroj – var. 2.2 : BK firmy Urdiamant ( 2 – 400 – 25 / 5 ), specifikace BK:  
B – XV – D64 – K100,

Nástroj – var. 2.3 : BK firmy Meister Abrasives,

Nástroj – var. 2.4 : BK firmy Winter ( SAINT-GOBAIN Diamantwerkzeuge GmbH & Co. KG ),

Parametry obrábění: obvod. rychlost BK:  $v = 25 - 30 \text{ m.s}^{-1}$ ,

Požadovaná přesnost: tolerance kolmosti, resp. rovnoběžnosti ploch 0,01 mm,  
rozměrová tolerance 0,02 mm,

Popis zkoušky:

Viz. broušení čel kroužků typu B.

Přípravný čas: 10 min / kalkulační dávku ( 6 )

=> 1,7 min / 1 ks,

Strojní čas: 14 min / 1 ks.

Závěr zkoušky:

Pro broušení čel s tolerancí 0,02 mm, resp. 0,01 mm bude používána bruska JUNG C 740 D. Použití brusky BPH 20, resp. DIATOS BHE 501 při požadovaných přesnostech výroby není reálná.

### ***Varianta č. 3 – plánovaná investice***

Stroj: Bruska Stähli DLM 705,

Přípravný čas: 1 min / 1 ks

( čas dosažený při prvotních externích zkouškách )

Strojní čas: 1 min / 1 ks

( čas dosažený při prvotních externích zkouškách )

## 5. 2 Broušení otvorů

### 5.2.1 KROUŽEK A

#### **Brousit otvor na hotovo - operace č. 0050**

##### ***Varianta č. 1 ( výchozí )***

Stroj: bruska DIATOS BHE 501,

Nástroj: BK firmy Urdiamant ( 2 – 60 – 30 / 2 ), specifikace BK:  
B – VI – D126 – K100 ( variantně K 75 – K100 ),

Parametry obrábění: obvod.rychlost BK:  $v = 25 - 30 \text{ m.s}^{-1}$ ,

Požadovaná přesnost: toler. vnitř. průměru + 0,03 mm, ( házivost 0,04 mm ),

Přípravný čas: 7,5 min / kalkulační dávku ( 3 )

=> 2,5 min / 1 ks,

Strojní čas: 19 min / 1 ks.

Pozn. operace broušení otvoru na hotovo je prováděna  
současně s broušením čel.

##### ***Varianta č. 2 – předmětem zkoušení***

Realizace zkoušky:

Stroj: bruska KEL – VARIA 175 / 1000 ,

Nástroj – var. 2.1 : BK firmy Heson – typ 1A1, ( Ø 40 mm, šířka 30 mm ),  
galvanická vazba G, zrnitost D151,

Nástroj – var. 2.2 : BK Diacarb, resp. Gabus s pryskyřičnou vazbou – aplikovat  
BK z Combitec CT 750 CNC

( popsáno v :ZATLOUKAL, P. *Zvýšení produktivity  
tvarového broušení*. Ostrava, 2007. 61s. Bakalářská práce  
na Fakultě strojní VŠB – Technické univerzity Ostrava na  
katedře obrábění a montáže. Vedoucí bakalářské práce  
Vladimír Vrba ).

Parametry obrábění: obvod.rychlost BK:  $v = 25 - 30 \text{ m.s}^{-1}$ ,  
Požadovaná přesnost: toler. vnitř. průměru  $+ 0,03 \text{ mm}$ , ( házivost  $0,04 \text{ mm}$  ).

Popis zkoušky:

Cílem bylo odzkoušení možnosti broušení otvorů, které stroj KEL–VARIA nabízí. Integrita povrchu i časy broušení dosažené během zkoušek dovolují obrábět i otvory, však realizace této operace na daném stroji není aktuální, díky rozložení výroby a možnostech obrábění otvorů na jiných strojích ( např. na stroji DIATOS BHE 501, popř. na stroji Combitec CT 750 CNC - podrobně popsáno v mé bakalářské práci ).

Závěr zkoušky:

Brousit otvor na hotovo dle varianty 1 – na brusce DIATOS BHE 501.

### 5.2.2 KROUŽEK B

#### **Brousit vnitřní průměr na hotovo - operace č. 0070**

##### ***Varianta č. 1 ( výchozí )***

Stroj: bruska otvorová ( BDU 80 ),  
Nástroj: BK firmy Urdiamant (  $2 - 30 - 10 / 2$  ), specifikace BK:  
B – VI – D126 – K100 ( variantně K 75 – K100 ),

Parametry obrábění: obvod.rychlost BK:  $v = 25 - 30 \text{ m.s}^{-1}$ ,  
Požadovaná přesnost: tolerance vnitřního průměru  $\pm 0,005 \text{ mm}$ ,

Přípravný čas:  $10 \text{ min} / \text{kalkulační dávku ( 2 )} \Rightarrow 5 \text{ min} / 1 \text{ ks}$ ,  
Strojní čas:  $45 \text{ min} / 1 \text{ ks}$ .

**Varianta č. 2 – předmětem zkoušení**

Realizace zkoušky:

Stroj: Bruska KEL – VARIA 175 / 1000 ,

Nástroj – var. 2.1 : BK firmy Heson – typ 1A1, ( Ø 30 mm, šířka 20 mm ),  
galvanická vazba G, zrnitost D151,

Nástroj – var. 2.2 : BK Diacarb, resp. Gabus s pryskyřičnou vazbou – aplikovat  
BK z Combitec CT 750 CNC

Parametry obrábění: obvod.rychlost BK:  $v = 25 - 30 \text{ m.s}^{-1}$ ,

Požadovaná přesnost: tolerance vnitřního průměru  $\pm 0,005 \text{ mm}$ .

Popis zkoušky:

Viz. zkoušky broušení KROUŽKU A .

Závěr zkoušky:

Brousit otvor na hotovo dle varianty 1 – na brusce otvorové ( BDU 80 ).

## 5.3 Obvodové broušení

### 5.3.1 KROUŽEK A

#### **Brousit vnější průměr na horní hranici tolerance - operace č. 0070**

##### ***Varianta č. 1 ( výchozí )***

Stroj:	bruska univerzální ( BU 28, 2 UD ),
Nástroj:	BK firmy Urdiamant ( 2 – 250 – 20 / 5 ), specifikace BK: B – VI – D126 – K100 ( variantně K 75 – K100 ),
Parametry obrábění:	obvod. rychlost BK: $v = 25 - 30 \text{ m.s}^{-1}$ ,
Požadovaná přesnost:	tolerance vnějšího průměru + 2 mm – tolerance dávky v 0,05 mm,
Přípravný čas:	10 min / kalkulační dávku ( 3 ) => cca 3 min / 1 ks,
Strojní čas:	6 min / 1 ks.

##### ***Varianta č. 2 – předmětem zkoušení***

Realizace zkoušky:

Stroj:	bruska KEL – VARIA 175 / 1000,
Nástroj:	BK firmy Diamantmetall - typ 1A1 – 400 – 20, specifikace BK: D91 – KB65 – C75,
Parametry obrábění:	obvod. rychlost BK: $v = 25 - 30 \text{ m.s}^{-1}$ ,
Požadovaná přesnost:	tolerance vnějšího průměru + 2 mm – tolerance dávky v 0,05 mm.



## Popis zkoušky:

Volba BK byla realizována dle zkušeností fa Pramet s obvodovým broušením a dle doporučení výrobce stroje KEL - VARIA. Použití vhodné specifikace BK je nutno řešit variantně dle požadované přesnosti jednotlivých zakázek.

Přípravný čas: 30 min / kalkulační dávku ( 3 )  
=> 10 min / 1 ks ( včetně broušení sražení 118° ),  
Strojní čas: 26 min / 1 ks ( včetně broušení sražení 118° ).

## Závěr zkoušky:

Díky možnosti spojení operací obvodového broušení a broušení sražení ( 118° ), z důvodu dosažení vyšší jakosti povrchu ( vlivem procesní kapaliny ) a nižších výrobních časů, bude varianta 1 ( výchozí ), nahrazena variantou 2.

**Brousit sražení ( 118° ) na hotovo - operace č. 0080, č. 0070*****Varianta č. 1 ( výchozí )***

Stroj: bruska univerzální ( BU 28, 2 UD ),  
Nástroj: BK firmy Urdiamant ( 2 – 250 – 20 / 5 ), specifikace BK:  
B – VI – D126 – K100 ( variantně K 75 – K100 ),

Parametry obrábění: obvod. rychlost BK:  $v = 25 - 30 \text{ m.s}^{-1}$ ,  
Požadovaná přesnost: úhlová tolerance  $\pm 1^\circ$ ,

Přípravný čas: 10 min / kalkulační dávku ( 3 ) => cca 3 min / 1 ks,  
Strojní čas: 26 min / 1 ks.

**Varianta č. 2**

Brousit společně s: "Brousit vnější průměr na horní hranici tolerance"

Stroj: Bruska KEL – VARIA 175 / 1000.

**5.3.2 KROUŽEK B****Brousit vnější průměr hotově - operace č. 0080****Varianta č. 1 ( výchozí )**

Stroj: bruska univerzální ( BU 28, 2 UD ),

Nástroj: BK firmy Urdiamant ( 2 – 250 – 20 / 5 ), specifikace BK:  
B – VI – D126 – K100 ( variantně K 75 – K100 ),

Parametry obrábění: obvod. rychlost BK:  $v = 25 - 30 \text{ m.s}^{-1}$ ,

Požadovaná přesnost: tolerance vnějšího průměru – 0,02 mm, tolerance  
souososti a soustřednosti 0,003 mm,

Přípravný čas: 10 min / kalkulační dávku ( 2 ) => 5 min / 1 ks,

Strojní čas: 33 min / 1 ks.

**Varianta č. 2 – předmětem zkoušení**

Návrh zkoušky:

Stroj: bruska KEL – VARIA 175 / 1000,

Nástroj: BK firmy Diamantmetall - typ 1A1 – 400 – 15,  
specifikace BK: D91 – KB65 – C75,

Parametry obrábění: obvod. rychlost BK:  $v = 25 - 30 \text{ m.s}^{-1}$ ,

Požadovaná přesnost: tolerance vnějšího průměru – 0,02 mm, tolerance  
souososti a soustřednosti 0,003 mm.

Popis zkoušky:

Zkouška i její výsledky převzaty z broušení KROUŽKU A.

Přípravný čas: 30 min / kalkulační dávku ( 2 ) => 15 min / 1 ks

Strojní čas: 26 min / 1 ks.

Závěr zkoušky:

Z důvodu komplexního využití strojového parku firmy Pramet bude tato varianta použita pouze pro přesnější varianty výrobků ( kroužků ). Však při nevyužití kapacity stroje KEL – VARIA na všech směnách jej lze produktivněji využít pro broušení obvodů, neboť výroba je zatížena nižším procentem zmetkovitosti.

## 5.4 Broušení drážek

### 5.4.1 KROUŽEK A

#### **Hrubovat drážku ( s příd. 0,1 ) - operace č. 0090**

##### ***Varianta č. 1 ( výchozí )***

Stroj: bruska univerzální ( BU 28, 2 UD ),

Nástroj: speciálně vytvořený tvarový BK, složený z nosného tělesa z tepelně nezpracované speciální oceli ( výroba Pramet ) a galvanicky naneseného diamantového povlaku na bázi Ni o D126 ( externí dodavatel ),

Parametry obrábění: obvod. rychlost BK:  $v = 25 - 30 \text{ m.s}^{-1}$ ,

Pozn. přídavek pro dokončovací operaci 0,1 mm,

Přípravný čas: 10 min / kalkulační dávku ( 3 ) => cca 3 min / 1 ks,

Strojní čas: 20 min / 1 ks.

##### ***Varianta č. 2***

Bez operace hrubování brousit drážku na KEL – VARIA 175 / 1000.

Ozkoušeno - viz. dále.

#### **Brousit drážku a celý vnější tvar na hotovo - operace č. 0100, č. 0080**

##### ***Varianta č. 1 ( výchozí )***

Stroj: bruska STUDER PS 250,

Nástroj: BK firmy Urdiamant ( 13 – 150 – 60 – 10 ), specifikace BK:  
B – M – D126 – K100,

Parametry obrábění: obvod. rychlost BK:  $v = 25 - 30 \text{ m.s}^{-1}$ ,  
Požadovaná přesnost: dle výkresu.

Popis:

Při provádění broušení na hotovo na stroji STUDER dochází z důvodu broušení za sucha ( bez procesní kapaliny ) k častému ulpívání odebraného materiálu na BK, což způsobuje při odebírání větších přídavek značné nepřesnosti. Z tohoto důvodu nelze vynechat operaci hrubování.

Přípravný čas: 10 min / kalkulační dávku ( 3 ) => cca 3 min / 1 ks,  
Strojní čas: 75 min / 1 ks.

Pozn. zmetkovitost výroby dosahuje cca 5 %, tzn. navýšení přípravných a strojních časů na 3,2 min / 1 ks, resp. 78,8 min / 1 ks.

### **Varianta č. 2 – předmětem zkoušení**

Realizace zkoušky:

Stroj: bruska KEL – VARIA 175 / 1000,

Nástroj – var. 2.1 : BK firmy Meister Abrasives ( Ø 400 x šířka 10 + R ),  
specifikace BK:  
D32 – 120 – R – 10 – 320 – 150 – V87 – 39 ( D126 (v  $\mu\text{m}$ ) )

Nástroj – var. 2.2 : BK firmy Meister Abrasives ( Ø 400 x šířka 10 + R ),  
specifikace BK:  
D32 – 170 – R – 10 – 320 – 150 – V87 – 39 ( D91 (v  $\mu\text{m}$ ) )

Parametry obrábění: obvod. rychlost BK:  $v = 25 - 30 \text{ m.s}^{-1}$ ,  
Požadovaná přesnost: dle výkresu.

Popis zkoušky:

Byly odzkoušeny dva BK, resp. BK se zrnitostí D126 a D91. Brusné schopnosti BK var.: 2.1 jsou vykoupeny nákladným orovnáváním BK, proto budou tyto BK využity pouze v případě nezbytně nutném - vyžádaném konkrétní výrobou.

Tato varianta broušení umožňuje spojit operaci hrubování a dokončování, což z hlediska produktivity výroby bude značně výhodné.

Přípravný čas: 30 min / kalkulační dávku ( 3 ) => 10 min / 1 ks

Strojní čas: 40 min / 1 ks.

Pozn. zmetkovitost výroby je cca 1,5 %, tzn. navýšení přípravných a strojních časů na 10,2 min / 1 ks, resp. 40,6 min / 1 ks.

Závěr zkoušky:

Spojení operace hrubování a operace broušení na hotovo v operaci přímého broušení na hotovo a to na stroji KEL – VARIA ( varianta 2 ).

#### 5.4.2 KROUŽEK B

##### **Hrubovat drážky - operace č. 0100**

##### ***Varianta č. 1 ( výchozí )***

Stroj: bruska univerzální ( BU 28, 2 UD ),

Nástroj: speciálně vytvořený tvarový BK, složený z nosného tělesa z tepelně nezpracované speciální oceli ( výroba Pramet ) a galvanicky naneseného diamantového povlaku na bázi Ni o D126 ( externí dodavatel ),

Parametry obrábění: obvod. rychlost BK:  $v = 25 - 30 \text{ m.s}^{-1}$ ,

Pozn. brousit do hloubky 0,6 mm v toleranci - 0,02 mm,

Přípravný čas: 10 min / kalkulační dávku ( 2 ) => 5 min / 1 ks

Strojní čas: 29 min / 1 ks.

### ***Varianta č. 2 – předmětem zkoušení***

Realizace zkoušky:

Stroj: bruska KEL – VARIA 175 / 1000,

Popis:

Z důvodu velkého úběru materiálu nelze spojit operace hrubování a dokončování. Realizace hrubování na stroji KEL – VARIA by byla díky strojovému parku ( univerzální brusky ) značně neekonomická.

### **Brousit drážky na hotovo - operace č. 0120**

#### ***Varianta č. 1 ( výchozí )***

Stroj: bruska STUDER PS 150,

Nástroj: BK ( Ø 150 mm x šířka 6 mm ), specifikace BK:

BK firmy Urdiamant ( 13 – 200 – 60 – 10 ), specifikace BK:

B – M – D126 – K100,

Parametry obrábění: obvod. rychlost BK:  $v = 25 - 30 \text{ m.s}^{-1}$ ,

Požadovaná přesnost: dle výkresu,

Přípravný čas: 10 min / kalkulační dávku ( 2 ) => 5 min / 1 ks

Strojní čas: 130 min / 1 ks.

Pozn. zmetkovitost výroby dosahuje cca 5 %, tzn. navýšení přípravných a strojních časů na 5,3 min / 1 ks, resp. 136,5 min / 1 ks.

**Varianta č. 2 – předmětem zkoušení**

Realizace zkoušky:

Stroj: bruska KEL – VARIA 175 / 1000,  
Nástroj: BK firmy Meister Abrasives ( Ø 400 x šířka 10 + R ),  
specifikace BK:  
D32 – 230 – R – 10 – 320 – 150 – V87 – 39 ( 64 (v µm) ),

Parametry obrábění: obvod. rychlost BK:  $v = 25 - 30 \text{ m.s}^{-1}$ ,

Požadovaná přesnost: dle výkresu.

Popis zkoušky:

Z důvodu vyšší požadované přesnosti ( proti KROUŽKU  $\phi 125 / \phi 82 \times 15$  ) je nutné používat BK s nižší hodnotou zrnitosti, v tomto případě D64.

Přípravný čas: 30 min / kalkulační dávku ( 2 ) => 15 min / 1 ks

Strojní čas: 99 min / 1 ks.

Pozn. zmetkovitost výroby je cca 1,5 %, tzn. navýšení  
přípravných a strojních časů na 15,8 min / 1 ks, resp.  
104 min / 1 ks.

Závěr zkoušky:

Nahradit brusku STUDER PS 150 při “Brousit drážky na hotovo“,  
bruskou KEL – VARIA ( varianta 2 ).



## **5.5 Vyhodnocení návrhů a zkoušek**

Dílčí vyhodnocení jednotlivých navrhovaných variant je uvedeno přímo u jejich zkoušek. Podrobný popis přínosu nově začleněných výrobních strojů je popsán v kapitole 6. Změnu technologií obrábění však provázela i volba vhodné konfigurace BK. Významným bodem zkoušek bylo určení správného poměru zrnitosti brusiva ku požadované jakosti obráběných ploch. U BK s hrubší zrnitostí totiž docházelo k přílišnému opotřebovávání orovnávacích BK. Je tedy nutné vždy (variantně) volit BK s nejnižší možnou zrnitostí, aby se odstranily problémy při orovnávání. Naopak při nadměrném opotřebování BK, které je způsobeno různorodým obráběným materiálem (materiálem kroužků) je třeba volit BK s vyšší koncentrací brusiva. Většinou se jedná o zvýšení koncentrace C125 na C150, popř. C175. V krajním případě by bylo nutné zvýšit o řád i tvrdost vazby, resp. změnit pórovitost vazby. Díky bohatým zkušenostem firmy Pramet však není nutné všechny varianty BK předem zkoušet a vyčerpávat tak časový fond a finanční prostředky.

## 5.6 Realizace ve výrobě

Kompletní postup výroby kroužků je uveden v příloze č. 3 a v příloze č. 6, resp. 8 ( technologický postup ). Zde je podrobněji uvedena pouze realizace operací, které byly předmětem zkoušek, resp. změn.

Název operace	Realizace ve výrobě
<b>KROUŽEK A ( <math>\phi</math> 125 / <math>\phi</math> 82 x 15 )</b>	
Broušení čel na hotovo	bruska DIATOS BHE 501
	bruska JUNG C 740 D
	plánovanou investicí je: bruska Stähli DLM 705
Broušení otvoru na hotovo	bruska DIATOS BHE 501
Broušení vnějšího průměru, broušení sražení na hotovo	bruska KEL – VARIA 175 / 1000
Broušení drážky a celého vnějšího tvaru na hotovo	bruska KEL – VARIA 175 / 1000
<b>KROUŽEK B ( <math>\phi</math> 85,5 / <math>\phi</math> 43,007 x 30 )</b>	
Úhlování čela na hotovo	bruska JUNG C 740 D
	plánovanou investicí je: bruska Stähli DLM 705
Broušení vnitřního průměru na hotovo	bruska otvorová ( BDU 80 )
Broušení vnějšího průměru hotově	bruska univerzální ( BU 28, 2 UD )
	pro přesnější výroby: bruska KEL – VARIA 175 / 1000
Hrubování drážek	bruska univerzální ( BU 28, 2 UD )
Broušení drážek na hotovo	bruska KEL – VARIA 175 / 1000

Tab.4 – Realizace operací broušení ve výrobě po jejím zproduktivnění

## 6. TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

### 6.1 Zhodnocení přínosu nových investic na výsledný produkt

Faktický přínos nových obráběcích strojů KEL – VARIA 175 / 1000 a JUNG C 740 D dokládají jejich zkoušky v procesu výroby, které jsem na dvou typických představitelích demonstroval v kapitole 5. O tom jaký finanční přínos, resp. jakou úsporu výrobních nákladů přináší jejich instalace ve výrobě podrobně vypovídá kalkulace v následující podkapitole.

Samotné obráběcí stroje jsou však jen zlomkem úspěchu. Významný podíl na produktivním broušení tvoří i BK, jejichž optimalizaci byla také věnována podstatná část zkoušek. Jako stěžejní požadavek bylo zajištění takových BK, které budou svojí tvarovou přesností, optimální životností ( počtem nabroušených kusů ) a schopností odebírat požadovanou vrstvu obrobku využívat disponibilní možnosti daného stroje. Výsledkem pak musí být dosažení maximálního využití kapacit a možností stroje a BK. Minimální očekávané zvýšení produktivity a přesnosti výroby o 10 – 20 % bylo naplněno a doloženo zkouškami a následným finančním a časovým kalkulem.

Realizovaný pilot order - po 20 obrobených kusech ( na stroji KEL – VARIA 175 / 1000 i JUNG C 740 D ) byl již vyhodnocen a dokládá tak správné předpoklady a výsledky této práce, jako je dosažení reprodukovatelné přesnosti, snížení pracnosti, zmetkovitosti a zkrácení výrobních časů.

#### Plánování

Jedním z plánovaných přínosů pro produktivní broušení rovinných ploch, resp. pro broušení “na plocho” je již několikrát zmiňovaná investice do stroje Stähli DLM 705. Přínosy instalace tohoto stroje ve výrobě jsou nyní v fázi zkoušek, odhadů a plánů. Kromě přibližných časů, které byly v externím prostředí dosaženy při broušení “kroužků” ( a jsou uvedeny v kapitole 5 ) je nelze prozatím zveřejňovat.

## 6.2 Ekonomické zhodnocení

Vstupními daty pro určení výsledků práce byly časové normy strojů, resp. pracovišť. Číselně jsem tak “přibližně” vyjádřil výsledek této práce. V korunových hodnotách jsou promítnuty veškeré náklady strojové, resp. přípravné.

*Pozn.:*

*Pro zachování “obchodního tajemství” firmy Pramet Tools s.r.o. jsem číselné hodnoty záměrně zkreslil. Na finální poměrové zhodnocení však jejich úprava nemá vliv.*

Minutové kalkulační normy přípravných prací: <sup>[2]</sup>

bruska univerzální ( BU 28, 2 UD )	3,8 Kč / min,
bruska KEL – VARIA 175 / 1000	4,6 Kč / min,
bruska STUDER PS 150	3,8 Kč / min,
bruska STUDER PS 250	3,8 Kč / min,
bruska DIATOS BHE 501	4,2 Kč / min,
bruska otvorová ( BDU 80 )	3,7 Kč / min,
bruska na plocho BPH 20	3,7 Kč / min,
bruska Jung C 740 D	3,8 Kč / min.

Minutové kalkulační normy jednotlivých obráběcích strojů: <sup>[2]</sup>

bruska univerzální ( BU 28, 2 UD )	9,8 Kč / min,
bruska KEL – VARIA 175 / 1000	10,6 Kč / min,
bruska STUDER PS 150	9,8 Kč / min,
bruska STUDER PS 250	9,8 Kč / min,
bruska DIATOS BHE 501	10,2 Kč / min,
bruska otvorová ( BDU 80 )	9,7 Kč / min,
bruska na plocho BPH 20	9,7 Kč / min,
bruska Jung C 740 D	9,8 Kč / min.

**Faktický přínos změny technologií výroby:****6.2.1 Zproduktivnění výroby KROUŽKU A*****Operace broušení čel na hotovo***Varianta 1

Bruska DIATOS BHE 501,

norma stroje x čas = cena

[ Kč / min x min = Kč ]

Přípravný čas: 2,5 min / 1 ks, =&gt; 4,2 x 2,5 = 10,5 Kč

Strojní čas: 19 min / 1 ks, =&gt; 10,2 x 19 = 193,8 Kč

Náklady na uvedenou operaci 10,5 Kč + 193,8 Kč = 204,3 KčVarianta 2

Bruska Jung C 740 D,

norma stroje x čas = cena

[ Kč / min x min = Kč ]

Přípravný čas: 1,7 min / 1 ks, =&gt; 3,8 x 1,7 = 6,46 Kč

Strojní čas: 15 min / 1 ks, =&gt; 9,8 x 15 = 147 Kč

Náklady na uvedenou operaci 6,46 Kč + 147 Kč = 153,46 KčDosažená úspora nákladů

Při broušení na JUNG C 740 D lze počítat s úsporou nákladů na danou operaci: 50,8 Kč / ks, tj. 24,9 % úspora.

Varianta 3 – prozatím nerealizovatelná

Bruska Stähli DLM 705,

Odhadovaná úspora nákladů:

- cca 7 x úspornější než broušení na JUNG C 740 D,  
(dle výsledků ve Stähli)

**Operace broušení otvoru na hotovo**

Závěry zkoušek dokládají skutečnost pro ponechání brusky DIATOS BHE 501, jako výhodnější alternativy broušení. Žádná úspora tak v tomto směru nenastala.

**Operace broušení vnějšího průměru na horní hranici tolerance, operace broušení sražení na hotovo**Varianta 1

Bruska univerzální (BU 28, 2 UD),

norma stroje x čas = cena

[ Kč / min x min = Kč ]

Přípravný čas: 3 + 3 min / 1 ks, =&gt; 3,8 x 6 = 22,8 Kč

Strojní čas: 6 + 26 min / 1 ks, =&gt; 9,8 x 32 = 313,6 Kč

Náklady na uvedenou operaci, resp. operace 22,8 Kč + 313,6 Kč = 336,4 KčVarianta 2

Bruska KEL – VARIA 175 / 1000,

norma stroje x čas = cena

[ Kč / min x min = Kč ]

Přípravný čas: 10 min / 1 ks, =&gt; 4,6 x 10 = 46 Kč

Strojní čas: 26 min / 1 ks, =&gt; 10,6 x 26 = 275,6 Kč

Náklady na uvedenou operaci 46 Kč + 275,6 Kč = 321,6 Kč

Dosažená úspora nákladů

Při realizaci broušení variantou 2 budou výrobní náklady na danou operaci nižší o 14,8 Kč / ks, tj. 4,4 % úspora. Významnější přínos je tak v tomto případě spíše v hospodárném využití kapacit stroje.

**Operace broušení drážky a celého vnějšího tvaru na hotovo**Varianta 1

Hrubování - bruska univerzální ( BU 28, 2 UD ),

norma stroje x čas = cena

[ Kč / min x min = Kč ]

Přípravný čas: 3 min / 1 ks, => 3,8 x 3 = 11,4 Kč

Strojní čas: 20 min / 1 ks, => 9,8 x 20 = 196 Kč

Náklady na uvedenou operaci 11,4 Kč + 196 Kč = 207,4 Kč

Dokončování - bruska STUDER PS 250,

norma stroje x čas = cena

[ Kč / min x min = Kč ]

Přípravný čas: 3 min / 1 ks, => 3,8 x 3 = 11,4 Kč

Strojní čas: 75 min / 1 ks, => 9,8 x 75 = 735 Kč

Náklady na uvedenou operaci 11,4 Kč + 735 Kč = 746,4 Kč

5 % zmetkovitost na této operaci zvyšuje náklady na 783,7 Kč

Náklady na obě operace 207,4 Kč + 783,7 Kč = 991,1 Kč

Varianta 2

Bruska KEL – VARIA 175 / 1000,

norma stroje x čas = cena

[ Kč / min x min = Kč ]

Přípravný čas: 10 min / 1 ks, => 4,6 x 10 = 46 Kč

Strojní čas: 40 min / 1 ks, => 10,6 x 40 = 424 Kč

Náklady na uvedenou operaci  $46 \text{ Kč} + 424 \text{ Kč} = 470 \text{ Kč}$   
1,5 % zmetkovitost na této operaci zvyšuje náklady na 477 Kč

#### Dosažená úspora nákladů

Při realizaci broušení variantou 2 budou výrobní náklady na danou operaci nižší o 514,1 Kč / ks, tj. 51,9 % úspora.

### 6.2.2 Zproduktivnění výroby KROUŽKU B

#### ***Operace úhlování čel na hotovo na horní mez tolerance***

Pro tuto operaci lze číselné srovnání brusky BPH 20 a Jung C 740 D provést pouze teoreticky, jelikož u brusky BPH 20 navíc dochází k problémům spojeným s reprodukovatelností kvality.

Broušení čel lze však v budoucnu ještě zproduktivnit bruskou na plocho Stähli DLM 705, jejíž pořízení firma Pramet plánuje na rok 2009 - 2010.

Důkaz o tom, jak produktivně tyto stroje dokáží obrábět ( brousit ) uvedu na následujícím výpočtu.

#### Varianta 1

Bruska na plocho ( BPH 20 ),

norma stroje x čas = cena

[ Kč / min x min = Kč ]

Přípravný čas: 5 min / 1 ks,  $\Rightarrow 3,7 \times 5 = 18,5 \text{ Kč}$

Strojní čas: 30 min / 1 ks,  $\Rightarrow 9,7 \times 30 = 291 \text{ Kč}$

Náklady na uvedenou operaci  $18,5 \text{ Kč} + 291 \text{ Kč} = \underline{309,5 \text{ Kč}}$



Varianta 2

Bruska Jung C 740 D,

norma stroje x čas = cena

[ Kč / min x min = Kč ]

Přípravný čas: 1,3 min / 1 ks, =&gt; 3,8 x 1,3 = 4,94 Kč

Strojní čas: 12 min / 1 ks, =&gt; 9,8 x 12 = 117,6 Kč

Náklady na uvedenou operaci 4,94 Kč + 117,6 Kč = 122,54 KčDosažená úspora nákladů

Při broušení na JUNG C 740 D lze počítat s úsporou nákladů na danou operaci cca 187 Kč / ks, tj. 60,4 % úspora nákladů.

Varianta 3 – prozatím nerealizovatelné

Bruska Stähli DLM 705,

Odhadovaná úspora nákladů:

- cca 10 x úspornější než broušení na JUNG C 740 D,  
( dle výsledků ve Stähli )

**Operace broušení vnitřního průměru na hotovo**

Viz. Operace broušení otvoru na hotovo KROUŽEK A

**Operace broušení vnějšího průměru hotově**Varianta 1

Bruska univerzální ( BU 28, 2 UD ),

norma stroje x čas = cena

[ Kč / min x min = Kč ]

Přípravný čas: 5 min / 1 ks, =&gt; 3,8 x 5 = 19 Kč

Strojní čas: 33 min / 1 ks, =&gt; 9,8 x 33 = 323,4 Kč

Náklady na uvedenou operaci 19 Kč + 323,4 Kč = 342,4 KčVarianta 2

Bruska KEL – VARIA 175 / 1000,

norma stroje x čas = cena

[ Kč / min x min = Kč ]

Přípravný čas: 15 min / 1 ks, =&gt; 4,6 x 15 = 69 Kč

Strojní čas: 26 min / 1 ks, =&gt; 10,6 x 26 = 275,6 Kč

Náklady na uvedenou operaci 69 Kč + 275,6 Kč = 344,6 KčDosažená úspora nákladů

Při realizaci broušení variantou 2 budou výrobní náklady na danou operaci vyšší o 2,2 Kč / ks, tzn., že realizovat tuto operaci na KEL – VARIA není výhodné.

**Operace hrubování drážek**

Pro hrubování drážek byla ponechána univerzální bruska ( BU 28, 2UD ).  
Žádná úspora nenastala.

**Operace broušení drážek na hotovo**Varianta 1

Bruska STUDER PS 150,

norma stroje x čas = cena

[ Kč / min x min = Kč ]

Přípravný čas: 5 min / 1 ks, =&gt; 3,8 x 5 = 19 Kč

Strojní čas: 130 min / 1 ks, =&gt; 9,8 x 130 = 1274 Kč

Náklady na uvedenou operaci 19 Kč + 1274 Kč = 1293 Kč

5 % zmetkovitost na této operaci zvyšuje náklady na 1357,7 KčVarianta 2

Bruska KEL – VARIA 175 / 1000,

norma stroje x čas = cena

[ Kč / min x min = Kč ]

Přípravný čas: 15 min / 1 ks, =&gt; 4,6 x 15 = 69 Kč

Strojní čas: 99 min / 1 ks, =&gt; 10,6 x 99 = 1049,4 Kč

Náklady na uvedenou operaci 69 Kč + 1049,4 Kč = 1118,4 Kč

1,5 % zmetkovitost na této operaci zvyšuje náklady na 1135,2 KčDosažená úspora nákladů

Při realizaci broušení variantou 2 budou výrobní náklady na danou operaci nižší o 222,5 Kč / ks, tj. 16,4 % úspora.

### 6.3 Výpočet výrobní ceny všech operací broušení kroužku A

#### *Výpočet výrobní ceny operací broušení kroužku A před změnou výroby*

##### **0040 Zarovnat vnější průměr.**

norma stroje x čas = cena

[ Kč / min x min = Kč ]

Přípravný čas: 3 min / 1 ks => 3,8 x 3 = 11,4 Kč

Strojní čas: 5 min / 1 ks => 9,8 x 5 = 49 Kč

##### **0050 Brousit čela na hotovo. Úběr z čel tak, aby válcová část byla ve středu. Rovnoběžnost 0,03. Brousit otvor v toler. + 0,03. Vyrovnat.**

Přípravný čas: 5 min / 1 ks => 4,2 x 5 = 21 Kč

Strojní čas: 38 min / 1 ks => 10,2 x 38 = 387,6 Kč

##### **0060 Dle nutnosti brousit hrany na vnitřním průměru.**

Přípravný čas: 3 min / 1 ks => 3,7 x 3 = 11,1 Kč

Strojní čas: 0 min / 1 ks => 9,7 x 0 = 0 Kč

##### **0070 Brousit vnější průměr na horní hranici tolerance. Celou dávku v 0,05.**

Přípravný čas: 3 min / 1 ks => 3,8 x 3 = 11,4 Kč

Strojní čas: 6 min / 1 ks => 9,8 x 6 = 58,8 Kč

##### **0080 Brousit sražení (118°) na hotovo.**

Přípravný čas: 3 min / 1 ks => 3,8 x 3 = 11,4 Kč

Strojní čas: 26 min / 1 ks => 9,8 x 26 = 254,8 Kč

**0090 Hrubovat drážku s příd. 0,1.**

Přípravný čas: 3 min / 1 ks  $\Rightarrow 3,8 \times 3 = 11,4$  Kč

Strojní čas: 20 min / 1 ks  $\Rightarrow 9,8 \times 20 = 196$  Kč

**0100 Brousit drážku a celý vnější tvar na hotovo. Brousit na trnu po 3 kusech.**

Přípravný čas: 3,2 min / 1 ks  $\Rightarrow 3,8 \times 3,2 = 12,2$  Kč

Strojní čas: 78,8 min / 1 ks  $\Rightarrow 9,8 \times 78,8 = 772,2$  Kč

***Výrobní cena - operací broušení kroužku A před změnou výroby je***

**1808,30 Kč**

***Výpočet výrobní ceny operací broušení kroužku A po zproduktivnění výr.***

**0040 Zarovnat vnější průměr.**

Přípravný čas: 3 min / 1 ks  $\Rightarrow 3,8 \times 3 = 11,4$  Kč

Strojní čas: 5 min / 1 ks  $\Rightarrow 9,8 \times 5 = 49$  Kč

**0050 Brousit čela na hotovo. Úběr z čel tak, aby válcová část byla ve středu. Rovnoběžnost 0,03. Brousit otvor v toler. + 0,03. Vyrovnat.**

Přípravný čas: 5 min / 1 ks,  $\Rightarrow 4,2 \times 5 = 21$  Kč

Strojní čas: 38 min / 1 ks  $\Rightarrow 10,2 \times 38 = 387,6$  Kč

**0060 Dle nutnosti brousit hrany na vnitřním průměru.**

Přípravný čas: 3 min / 1 ks  $\Rightarrow 3,7 \times 3 = 11,1$  Kč

Strojní čas: 0 min / 1 ks  $\Rightarrow 9,7 \times 0 = 0$  Kč

**0070 Brousit vnější průměr na horní hranici tolerance. Celou dávku v 0,05. Brousit sražení (118°) na hotovo.**

Přípravný čas: 10 min / 1 ks  $\Rightarrow 4,6 \times 10 = 46$  Kč

Strojní čas: 26 min / 1 ks  $\Rightarrow 10,6 \times 26 = 275,6$  Kč

**0080 Brousit drážku a celý vnější tvar na hotovo.**

Přípravný čas: 10,2 min / 1 ks  $\Rightarrow 4,6 \times 10,2 = 46,9$  Kč

Strojní čas: 40,6 min / 1 ks  $\Rightarrow 10,6 \times 40,6 = 430,4$  Kč

**Výrobní cena - operací broušení kroužku A po zproduktivnění výroby je**

**1279 Kč**

Při zařazení nových strojů do procesu výroby kroužku typu A a optimalizaci technologického postupu výroby bylo dosaženo úspory 529,3 Kč ( na 1 ks ) na operace broušení. Tj. 29,3 % úspora.

## 6.4 Výpočet výrobní ceny všech operací broušení kroužku B

### *Výpočet výrobní ceny operací broušení kroužku B před změnou výroby*

**0060            Zarovnat vnější průměr, čela brousit s příd. 0,07 - 0,1.**

Přípravný čas:	5 min / 1 ks	=>	$3,8 \times 5 = 19 \text{ Kč}$
Strojní čas:	20,68 min / 1 ks	=>	$9,8 \times 20,68 = 202,66 \text{ Kč}$

**0070            Brousit vnitřní průměr na hotovo. Srazit  $1,2 \times 45^\circ$  (2x).**

Přípravný čas:	5 min / 1 ks	=>	$3,7 \times 5 = 18,5 \text{ Kč}$
Strojní čas:	45 min / 1 ks	=>	$9,7 \times 45 = 436,5 \text{ Kč}$

**0080            Brousit vnější průměr hotově. Trn č. 254.**

Přípravný čas:	5 min / 1 ks	=>	$3,8 \times 5 = 19 \text{ Kč}$
Strojní čas:	33 min / 1 ks	=>	$9,8 \times 33 = 323,4 \text{ Kč}$

**0090            Úhlovat čela na hotovo na horní mez tolerance.**

Přípravný čas:	5 min / 1 ks	=>	$3,7 \times 5 = 18,5 \text{ Kč}$
Strojní čas:	30 min / 1 ks	=>	$9,7 \times 30 = 291 \text{ Kč}$

**0100            Hrubovat drážky: brousit do hloubky 0,6 - 0,02.**

Přípravný čas:	5 min / 1 ks	=>	$3,8 \times 5 = 19 \text{ Kč}$
Strojní čas:	29 min / 1 ks	=>	$9,8 \times 29 = 284,2 \text{ Kč}$

**0110 Brousit sražení  $3^\circ \times 5 \pm 0,1$  (2x) a hrany na sražení  $1 \times 45^\circ$  (2x). Trn č. 254.**

Přípravný čas:	5 min / 1 ks	=>	$3,8 \times 5 = 19$ Kč
Strojní čas:	16 min / 1 ks	=>	$9,8 \times 16 = 156,8$ Kč

**0120 Brousit drážky na hotovo. Šablona č. D8 - 333 - 2501 - 00. Trn č. 254.**

Přípravný čas:	5,3 min / 1 ks	=>	$3,8 \times 5,3 = 20,1$ Kč
Strojní čas:	136,5 min / 1 ks	=>	$9,8 \times 136,5 = 1337,7$ Kč

**0130 Dle nutnosti brousit čela dle náměru do rozměru  $10 \pm 0,01$ .**

Přípravný čas:	5 min / 1 ks	=>	$3,7 \times 5 = 18,5$ Kč
Strojní čas:	8 min / 1 ks	=>	$9,7 \times 8 = 77,6$ Kč

***Výrobní cena - operací broušení kroužku B před změnou výroby je***

**3261,46 Kč**

***Výpočet výrobní ceny operací broušení kroužku B+ po zproduktivnění výr.***

Při výpočtu počítám s kroužkem B+, nikoliv B, jelikož výroba kroužků B bude převedena na B+. Ukázalo se totiž, že přesnost výroby kroužků B není pro potřeby odběratele – zákazníka dostatečná.

**0040 Zarovnat vnější průměr, čela brousit s příd. 0,07 - 0,1.**

Přípravný čas:	5 min / 1 ks	=>	$3,8 \times 5 = 19$ Kč
Strojní čas:	20 min / 1 ks	=>	$9,8 \times 20 = 196$ Kč



**0050 Brousit čela na hotovo na horní mez tolerance.**

Přípravný čas: 1,7 min / 1 ks  $\Rightarrow 3,8 \times 5 = 19$  Kč  
Strojní čas: 14 min / 1 ks  $\Rightarrow 9,8 \times 14 = 137,2$  Kč

**0060 Brousit vnitřní průměr na hotovo. Srazit  $1,2 \times 45^\circ$  (2x).**

Přípravný čas: 5 min / 1 ks  $\Rightarrow 3,7 \times 5 = 18,5$  Kč  
Strojní čas: 45 min / 1 ks  $\Rightarrow 9,7 \times 45 = 436,5$  Kč

**0070 Brousit vnější průměr hotově. Trn č. 254.**

Přípravný čas: 5 min / 1 ks  $\Rightarrow 3,8 \times 5 = 19$  Kč  
Strojní čas: 33 min / 1 ks  $\Rightarrow 9,8 \times 33 = 323,4$  Kč

**0080 Brousit sražení  $3^\circ \times 5 \pm 0,1$  (2x) a hrany na sražení  $1 \times 45^\circ$  (2x). Trn č. 254.**

Přípravný čas: 5 min / 1 ks  $\Rightarrow 3,8 \times 5 = 19$  Kč  
Strojní čas: 15 min / 1 ks  $\Rightarrow 9,8 \times 15 = 147$  Kč

**0010 Hrubovat drážky  $90^\circ$  kotoučem, brousit do hloubky 0,94 - 0,02. Kotouč R 0,8.**

Přípravný čas: 5 min / 1 ks  $\Rightarrow 3,8 \times 5 = 19$  Kč  
Strojní čas: 40 min / 1 ks  $\Rightarrow 9,8 \times 40 = 392$  Kč

**0020 Brousit drážky dle výkresu na hotovo.**

Přípravný čas: 15,8 min / 1 ks  $\Rightarrow 4,6 \times 15,8 = 72,7$  Kč  
Strojní čas: 104 min / 1 ks  $\Rightarrow 10,6 \times 104 = 1102,4$  Kč

**Výrobní cena - operací broušení kroužku B+ po zproduktivnění výroby je**  
**2920,7 Kč**

Při zařazení nových strojů do procesu výroby kroužku typu B a optimalizaci technologického postupu výroby bylo dosaženo úspory 340,8 Kč ( na 1 ks ) na operace broušení. Tj. 10,4 % úspora.

V případě kroužku B bylo při zproduktivňování výroby počítáno s jejím současným zpřesněním. Kroužek typu B je tedy převeden na kroužek typu B+. Výroba je přesnější i levnější – tak jak bylo požadováno ze stran zákazníka a obchodu.

## 7. ZÁVĚR

Tématem této práce bylo zvýšení produktivity výroby nástrojů ze slinutého karbidu. Jako typické představitele výrobního sortimentu, na kterých jsem celou práci demonstroval jsem zvolil nástroje ( kroužky ) pro výrobu betonářských ocelových tyčí a nástroje pro výrobu trubičkových elektrod. Podrobná definice těchto nástrojů je uvedena v příloze č. 1, v příloze č. 4 a v příloze č. 7.

V úvodní části práce jsem definoval slabá místa výroby a požadavky firmy Pramet, resp. zákazníků na jakost, kvantitu a konkurenceschopnost výroby. Stěžejní kapitolou při výrobě, resp. obrábění výše uvedených “kroužků” jsou operace broušení. Úskalí obrábění touto technologií jsem stručně popsal v třetí kapitole této práce. Jelikož však firma Pramet Tools s.r.o. v roce 2007 a 2008 pořídila dva nové obráběcí stroje, možnosti, jak zproduktivnit výrobu se náhle významně otevřely. Hlavní požadavky na zproduktivnění výroby byly: zvýšení jakosti výroby – precizace výroby, reprodukovatelnost kvality výroby, zvýšení dosahovaných přesností a snížení zmetkovitosti při broušení tvarových drážek z 5 % na 1 - 2 %.

Řešením těchto požadavků bylo dosaženo snížení výrobních nákladů, zvýšení konkurenceschopnosti prodeje výrobků a realizace v širších poptávkách trhu. Bez vnější tvarové brusky KEL – VARIA 175 / 1000 a precizní brusky na plocho JUNG C 740 D by naplnění těchto cílů nebylo možné. V době světové finanční krize je však řešení zproduktivnění výroby více než nutné. Ve čtvrté kapitole tak uvádím stručný popis obou nových strojů a jejich možnosti využití ve výrobě. Navíc je zde uvedena bruska Stähli DLM 705, která je v této fázi prozatím pouze plánovanou investicí. Hlavním tématem je však zproduktivnění výroby a to písemně zachycuji v kapitole páté. Celý proces je rozdělen do subkapitol nazvaných příznačně: broušení čel, broušení vnitřních průměrů – otvorů, obvodové broušení a broušení drážek.

Výchozí situací byl technologický postup výroby, který dokládá příloha č. 2 a příloha č. 5. Výsledek práce je souhrnně uveden v příloze č. 3, č. 6 a v příloze č. 8.

Důležitým ukazatelem dosažených cílů je ekonomické zhodnocení výsledků změn výroby. Mezi ty nejvýraznější přínosy patří 60,4 % úspora nákladů na operaci broušení čel při broušení KROUŽKU  $\phi 85,5 / \phi 43,007 \times 30$ ; 51,9 % úspora na operaci broušení drážky a celého vnějšího tvaru na hotovo při broušení KROUŽKU  $\phi 125 / \phi 82 \times 15$  a 16,4 % úspora nákladů na operaci broušení drážek na hotovo při broušení KROUŽKU  $\phi 85,5 / \phi 43,007 \times 30$ . Nejdůležitějším výsledkem je však 29,3 % úspora ( 529,3 Kč ) na operace broušení kroužku typu A a 10,4 % úspora ( 340,8 Kč ) na operace broušení kroužku typu B, při současném zpřesnění výroby. Tato čísla však nejsou jediným přínosem této práce. Více či méně byly naplněny všechny očekávané ( výše uvedené ) požadavky na zproduktivnění výroby a proto je podrobněji uvádím v kapitole 5 a 6.

Vyjma uvedených faktických výsledků byly i mé teoretické znalosti doplněny o řadu praktických zkušeností. Nové pojmy, metodika řešení problémů, styk s konstrukcí a výrobou mi byl pomocníkem při tvorbě této práce a při řešení výše uvedených situací. V neposlední řadě jsem poznal funční závislosti procesu řízení výroby odbornými pracovníky s jejichž přispěním jsem danou práci realizoval. Snad i přes můj základní práh znalostí byla tato práce přínosem nejen pro mě, ale i pro společnost Pramet Tools s.r.o..

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:

- [1] Pramet Tools, s. r.o.. Šumperk. *O firmě*. [online].[citováno 2009 – 02 – 07]. Dostupné z: < <http://www.pramet.com/> >.
- [2] Pramet Tools, s. r.o.. Šumperk. SBU Tváření. Interní dokumentace.
- [3] MIKOVEC, M. *Obrábění materiálů s velkou pevností a tvrdostí*. Praha. SNTL, 1982.
- [4] *Instruction manual KEL-VARIA, v.6.2*. [ CD – ROM ]. Switzerland: L. Kellenberger & Co. AG, 2007. 228 s.
- [5] KOLÁŘ, P. EMO Hannover potřetí – brousicí stroje. *MM Průmyslové spektrum*. [online]. 2007. [ citováno 2009 – 02 – 07 ]. Dostupné z: < <http://www.mmspektrum.com/clanek/emo-hannover-potreti-brousici-stroje> >.
- [6] *Návod k obsluze stroje C 740 D*. [ CD – ROM ]. Göppingen: K. Jung GmbH, 2006. 371 s.
- [7] STÄHLI Lapping Technology Ltd. Switzerland. *Machine*. [online]. [ citováno 2009 – 02 – 07 ]. Dostupné z: < <http://www.stahli.com/index.php?id=555&L=3> >.
- [8] ZATLOUKAL, P. *Zvýšení produktivity tvarového broušení*. Ostrava, 2007. 61s. Bakalářská práce na Fakultě strojní VŠB – Technické univerzity Ostrava na katedře obrábění a montáže. Vedoucí bakalářské práce Vladimír Vrba.
- [9] *Brousicí kotouče z diamantu a kubického nitridu boru*. [online]. Šumperk: Urdiamant, s.r.o., 2007. 80 s. [ citováno 2009 – 02 – 07 ]. Dostupné z: < <http://www.urdiamant.cz/wpimages/other/doc2/BK.pdf> >.

- [10] *Nářadí pro válcování za studena a tepla*. Šumperk: Pramet Tools, s.r.o., 2009. [ citováno 2009 – 02 – 26 ].
- [11] *Nářadí pro válcování drátu a trubek za studena*. [online]. Šumperk: Pramet Tools, s.r.o., 2009. [ citováno 2009 – 02 – 26 ]. Dostupné z:  
< [http://www.pramet.com/download/katalog/pdf/coldrolling\\_cz.pdf](http://www.pramet.com/download/katalog/pdf/coldrolling_cz.pdf) >.
- [12] BOLDIŠ, Petr. *Bibliografické citace dokumentu podle ČSN ISO 690 a ČSN ISO 690 - 2: Část 1 – Citace: metodika a obecná pravidla*. Verze 3.3. © 1999 – 2004, poslední aktualizace 11.11. 2004. URL:  
< <http://www.boldis.cz/citace/citace1.pdf> >.

## **SEZNAM OBRÁZKŮ:**

- Obr.1 – Zástupci výrobního sortimentu náradí pro válcování za studena  
Obr.2 – Kroužky typu A  
Obr.3 – Kroužky typu B  
Obr.4 – Bruska KEL – VARIA 175 / 1000  
Obr.5 – Pracovní prostor stroje KEL – VARIA 175 / 1000  
Obr.6 – Konfigurace brousícího vřeteníku  
Obr.7 – Bruska Jung C 740 D  
Obr.8 – Jung C 740 D  
Obr.9 – Bruska Stähli DLM 705  
Obr.10 – BK typ 2 – D – T / X  
Obr.11 – BK typ 13 – D – V – X  
Obr.12 – Značení BK firmy Urdiamant

## **SEZNAM TABULEK:**

- Tab.1 – Přehled SK pro válcování za studena  
Tab.2 – Hlavní technická data brusky KEL – VARIA  
Tab.3 – Hlavní technická data brusky Jung C 740 D  
Tab.4 – Realizace operací broušení ve výrobě po jejím zproduktivnění

## **SEZNAM PŘÍLOH:**

- Příloha č.1 – KROUŽEK  $\phi 125 / \phi 82 \times 15$   
Příloha č.2 – Postup výroby KROUŽKU  $\phi 125 / \phi 82 \times 15$  před změnou  
Příloha č.3 – Postup výroby KROUŽKU  $\phi 125 / \phi 82 \times 15$  po zproduktivnění  
Příloha č.4 – KROUŽEK  $\phi 85,5 / \phi 43,007 \times 30$   
Příloha č.5 – Postup výroby KROUŽKU  $\phi 85,5 / \phi 43,007 \times 30$  před změnou  
Příloha č.6 – Postup výroby KROUŽKU  $\phi 85,5 / \phi 43,007 \times 30$  po zproduktiv.  
Příloha č.7 – KROUŽEK  $\phi 85,5 / \phi 43,007 \times 30$  ( označován jako B+ )  
Příloha č.8 – Postup výr. KROUŽKU  $\phi 85,5 / \phi 43,007 \times 30$  po zproduk. ( B+ )

# PŘÍLOHY